

heci kének műtésznapján

Heckel - Jókai

1958. május 9.

Asboth Oszkár

GÉPREPÜLÉS

ASBOTH OSZKÁR

GÉPREPÜLÉS



BUDAPEST, 1957

Munkatársak:

GÁSPÁR LÁSZLÓ

GOGALA LÁSZLÓ

JÁNOVSZKY LÁSZLÓ

LEGENYEI LAJOS

DR. LUKÁCS SÁNDOR

Több helyen felmerült a kívánság olyan hiánypótló, átfogó munka megírására, mely a géprepülést — annak kezdetétől napjainkig — közérthető nyelven, népszerűen tárgyalja. Bár e téren több értékes munka jelent meg magyarul, de ezek vagy csak részletproblémákat tárgyaltak, vagy magasabb műszaki igény-nyel készültek, s így a fenti követelményt nem elégítették ki.

Ezek ismeretében kaptam a Zrínyi Honvéd Kiadótól a megtisztelő megbízást egy átfogó, népszerű nyelven megírt munka elkészítésére, amely a nehezebb problémákat is közérthetően tárgyalja, olvasmányos — és érdekes. További fontos követelmény volt, hogy e mű viszonylag alacsony árban kerüljön a könyvesboltokba és így a fiatalság számára is megszerezhető legyen.

Nos, e két követelmény — a népszerű stílus és az olcsóság — itt két, egymással ellentétes végletet jelentett. A közérthető ismertetés mindig hosszabb magyarázatot, nagyobb terjedelmet igényel, az olcsóság viszont szűkre szabott terjedelmet. Itt is megismétlődött tehát az, ami a tervező-mérnöki munkánál mindig nehéz feladat: a szerkezet egyszerűségének biztosítása. Mert bármily ellentmondónak is látszik: egy szerkezetet könnyebb komplikáltan megoldani, mint egyszerűen.

A modern géprepülés oly szétágazó és a tudomány majdnem minden ágát érintő hatalmas komplexum, hogy teljes egészének közérthető megírását kis terjedelemben és aránylag rövid idő alatt egy ember lelkiismeretesen el nem végezhetette. Így munkatársak segítségét kértem és vettem igénybe a téma néhány ágazatánál.

Az ismertetett adatokat és képeink nagy részét főleg a külföldi szakirodalomból vettük. Amihez csak hozzáférhettünk,

minden érdekeset közreadtunk. Mégis -sok mindent — fájó szívvel — kihagyni kényszerültünk, mert egyrészt nem állt módunkban ezekre vonatkozólag megbízható, pontos adatokat beszerezni, másrészt pedig a terjedelem is korlátokat szabott.

Egyébként az az élv lebegett szemem előtt, hogy minél több képanyagot adjak, akár a szöveg-terjedelem rovására is, mert egy-egy érdekes kép megfelelő szöveggel többet mond, mint oldalakat kitevő ismertetés.

Végül köszönetet kell mondanom a kiadónak azért a sokoldalú segítségért, amellyel könyvem megjelenését és munkámat támogatta.

Budapest, 1957. évi július hó 25-én.

Asboth Oszkár

A REPÜLŐGÉPEK CSALÁDFÁJA

A repülés minden fajtáját — történjék az akár a Föld feletti légtérben, akár az anyagtalán űrben, de mesterséges szerkezettel, géppel — géprepülésnek nevezzük.

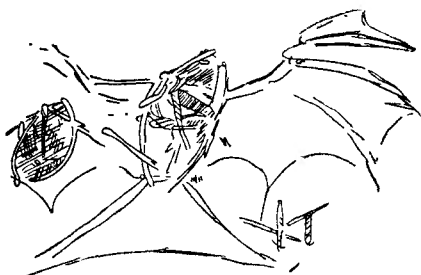
Meghódítani a levegőtengert, madár módjára lebegni, szárnyakkal előrehaladni — időtlen-idők óta célja az emberiségnek. Az életösztön, a vadállatok elleni védekezés, menekülés, a kényszerű vándorlás már a történelem előtti korok emberét is arra ösztönözhatték, hogy a madarak repülésének titkát megpróbálja valahogyan ellesni. Bizonytal voltak is ilyen törekvések, s kétségtelenül mártírtjai is akadtak, de mindezekről — írásos emlékek híján — nincsenek biztos értesüléseink.

A történelem előtti idők után a klasszikus görög munda-világ teremtetett magának legendákat a repülésről. *Daedalosz* és *Ikarosz* tragikus legendáját, amely látnoki módon évezredekkel előre megjövendölte az ember győzelmét, s a velejáró áldozatot is, mindannyián ismerjük.

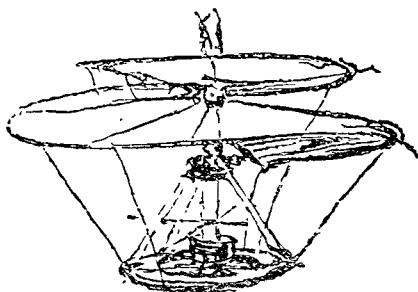
A levegőóceán meghódításában az első sikert évezredekkel ezelőtt a kínaiak érték el, akik a fennmaradt írásos emlékek tanúbizonysága szerint zsineggel a földhöz rögzített papírsárkányokat engedtek fel a levegőbe, sőt, csoportosan összekötött, nagyméretű papírsárkányokkal hadászati megfigyelőként embert emeltek a magasba. E kezdetleges papírsárkányok tekinthetők a mai sárkány-rendszerű repülőgépek őseinek.

Ugyancsak a kínaiak bocsátottak fel először a középkorban utas nélküli „léggömböket”. Ezek a levegőnél könnyebb rendszerű „léghajók” elődeinek tekinthetők.

A XV. század második feléből maradt ránk az olasz *Leonardo da Vinci*-nek, minden idők egyik legsokoldalúbb lángelméjének néhány vázlata. Az egyik vázlaton a madarak csapkodó szárnyú repülését utánzó gépi megoldásának, a másikon pedig egy forgószárnyú, emelőcsavaros re-



Leonardo da Vinci csapkodó szárnyú repülőgépet is tervezett.



Leonardo da Vinci vázlata a forgószárnyú repülőgépről.

pülőszerkezetnek az alapötletét vetette papírra — természetesen mindkettőt emberi erővel való hajtással. A csapkodó szárnyú repülőszerkezet az *ornikopter* (madárszárnyú) repülőgép, az emelőcsavaros pedig a *helikopter* (csavarszárnyú) repülőgép elődei.

AZ ELSŐ VÁLASZTÓFAL: KÖNNYEBBEK VAGY NEHEZEBBEK-E A LEVEGŐNÉL?

Mai szemmel nézve bármilyen kezdetlegesnek is tűnnek ezek a repülőgépszerkezetek, mégis e repülési módok tekinthetők az összes repülőszerkezetek őseinek.

E géprendszereket sokféle szempont szerint csoportosíthatjuk. A kialakult gyakorlat szerint azonban legcélszerűbb két főcsoportba osztályozni őket:

1. a levegőnél könnyebb (aerosztatikus) és

2. a levegőnél nehezebb (aerodinamikus) repülőszervezetekre.

Mi a jellemző a repülőgéprendszerek e két fő csoport-jára? A levegőnél könnyebb repülőszervezetek pusztán fizikai adottságaik következtében tudnak felszállni, az ún. *aerosztatikus* felhajtóerejük következtében, anélkül, hogy a szerkezetet, vagy annak csupán egy részét is mozgatni kellene. Hajtóberendezést — pl. motorral hajtott légcsavart — csupán azoknál a léggömböknél, léghajóknál alkalmaznak, amelyeknél a függőleges vagy megközelítően függőleges, aerosztatikus felhajtóerejükből létrejövő lebegésükön kívül vízszintes irányú, tervszerű repülést is el akarnak érni.

A léggömbök, léghajók az eddigi tapasztalatok szerint az 1930-as évekig elérték pályájuk, teljesítményük csúcsait. Ez a géprepülő rendszer amolyan „holtvágánynak” bizonyult, amely általános, rendszeres alkalmazására valószínűleg nem jöhet többé számításba. Ezen szórványos, de fontos tudományos kutatócélokra való felhasználásuk sem változtat.

REPÜLÉS LÉGCSAVARRAL ÉS LÉGCSAVAR NÉLKÜL

A levegőnél nehezebb repülőszervezeteknél a Föld vonzási erejének legyőzéséhez, a repülőszervezet magasba emeléséhez hajtóműveket alkalmaznak. A hajtómű teljesítménye sebességgé alakul át, aminek következtében a megfelelően kialakított hordfelületeken, szárnyakon aerodinamikus felhajtóerő keletkezik és ez a repülőszervezetet a levegőbe emeli.

Az energia átalakítása sebességgé kétféleképpen történhet:

1. a hajtóművel (motor, gázturbina) légcsavart forgatunk, amely a repülőszervezet, repülőgép légellenállásának legyőzéséhez húzóerőt létesít (indirekt propulzió).

2. a hajtóműben (gázsugár-, rakétahajtóműben) elégett tüzelőanyag hirtelen kiterjedő, nagy nyomású égésgázainak sebességét és tolóerejét — mindenféle átalakítószervezet nélkül — közvetlenül repülés létesítésére alkalmazzuk (direkt propulzió).

Mindkét energiaátalakítási mód egyaránt alkalmazható a merevszárnyú, valamint a forgószárnyú repülőgépeknél.

A forgószárnyú gépek légáramlástani alapelvei (légellenállás, felhajtóerő stb.) lényegében azonosak a merevszárnyú gépekéivel.

A rakétahajtóművel repülő szerkezetek üze me már nincs a légtérhez kötve, mert ezek a tüzelőanyaguk elégetéséhez szükséges oxigénmennyiséget is magukkal viszik. Így a rakétagépek légüres térben is repülhetnek. Az ilyen repülő-szerkezetek haladása, repülése nincs légáramlástani alapelvekhez kötve, repülésük nem ütközik ellenállásba, nem lehet aerodinamikai felhajtóerővel számolni. Itt már más törvények hatnak, itt már a világűrhajózás kezdődik...

KUDARCRA ÍTÉLT KÍSÉRLETEK

De nemcsak e szempontok szerint rendszerezhetünk a repülő-szerkezetek nagy családjában. Az aerodinamikai (légáramlástani) vonatkozások is igen fontosak.

Ebben a tekintetben három fő csoportba sorolhatjuk a levegőnél nehezebb repülő-szerkezeteket:

1. merevszárnyú (sárkány-rendszerű) repülőgépek (*aeroplánok*);

2. csapkodó szárnyú, a madarakat utánzó repülőgépek (*ornikopterek*);

3. forgószárnyú (emelőcsavaros) repülőgépek (*helikopterek*).

Az ésszerű sorrend megkerülésével először a csapkodó szárnyú repülőgépeket vegyük sorra. Ezek a gépek ugyanis a papírvázlatokon és a kisméretű modelleken túl sohasem értek el a tudományos fejlesztésig. Noha a repülés hőskorát megelőző időszakban a feltalálók és a tervezők zöme a madarak repülését igyekezett szolgai módon lemásolni, rá kellett jönniök, hogy ez az út járhatatlan.

Mi ennek az oka? A felhajtóerőt létesítő le-fel csapkodó szárnyak holtpontjai, s ezek között a gyorsulás-lassulás olyan nagy teljesítményt vesz fel, hogy már önmagában ez is rendkívül alacsony hatásfok-értéket jelen'ene az ilyen repülőgépnél. De ezenkívül még további nehézséget okoz a stabilitás biztosítása is, sőt azt sem becsülhetjük le, hogy a vízszintes irányú repüléshez is külön energiára van szükség.

Mindezek — sok más meg nem oldott problémával együtt — a kisméretű modellekkel végzett kísérletek után meggyőzték a tervezőket ennek az útnak a kilátástalanságáról.

GYORSAN REPÜLNI, LASSAN LESZÁLLNI

A géprepülés legnépesebb családját alkotják a merevszárnyú (sárkány-rendszerű) repülőgépek. E rendszer ős-típusának a kínai papírsárkány tekinthető. Minthogy ezzel a géprendszerrel a későbbiekben részletesen is foglalkozunk, most csak dióhéjban foglaljuk össze legfontosabb jellemzőit.

Ezzel a géprendszerrel — mint napjainkban látjuk — előre meg nem jósolható utazási sebességeket lehet elérni. A sebesség felső határa elméletileg főleg az alkalmazott hajtóműtől függ, a hajtóművek fejlesztésének pedig még szinte határtalanok a lehetőségei.

A géprepülés őskorában, századunk első évtizedeiben szinte lehetetlennek tűnt olyan hajtóművek, motorok építése, amelyeknek lóerőnkénti súlya az 1 kg-ot ne lépje túl. Ma már ott tartunk, hogy a korszerű hajtóművek lóerőnkénti súlya 30 grammot tesz ki. S az új hajtóművek tekintetében még csak a beható fejlesztési munka elején tartunk.

Amikor a második világháború elején a repülőgépekkel elértük a 600—700 km/óra sebességet, akkor döbrentünk rá a merevszárnyú, sárkány-rendszerű gépek nagy sebességi lehetőségeinek nagy hátrányára is; arra, ugyanis, hogy minél nagyobb a gép repülési sebessége, annál nagyobb a fel- és leszállási sebessége is. Az sem segített, hogy kidolgozták a sebességnek féklapokkal való csökkentését, mert az így elérhető sebesség-minimum még mindig igen nagy fel- és leszállási kifutópályát tesz szükségessé. Minthogy a fel- és leszállásnál mindig figyelemmel kell lenni arra, hogy a gép a szélirány ellenében, azaz ellenszélben szálljon fel vagy le, ez azt jelenti, hogy a nagysebességű gépek csak olyan különleges repülőtereken alkalmazhatók, amelyeken kellő irányú és hosszúságú betonpálya áll rendelkezésre. Természetesen számolni kell azzal, hogy a repülősebesség növekedésével a gépek kifutási sebessége is lényegesen növekedik. A kifutópályák hosszának növelése viszont egyre nagyobb nehézségeket jelent.

Van-e orvoslás erre a jelentős nehézségre? Nyilván olyan repülőgépekre van szükségünk, amelyeknek nagy az utazósebességük, de kicsiny a le- és felszállási, kifutási sebességük. A probléma megoldása elvezet bennünket a repülőszervezetek másik népes családjához: a forgószárnyú gépekhez, helikopterekhez.

Noha mindenki érezte, hogy a helikopter az a géprendszer, amely a merevszárnyú gépek sok-sok problémáját megoldásra segítheti, ezzel a géptípussal az illetékesek — gyárak, intézmények — nem foglalkoztak. Így ezen a munkaterületen csupán egyéni próbálkozások születtek. Csupán a második világháború kényszerű hatására kezdtek hozzá, igaz, ekkor már nagy felkészültséggel a probléma megoldásához.

A helikopter volt az a géptípus, amelytől mindenki a nagy probléma megoldását várta: a légszavarhajtású merevszárnyú gépek nagy utazósebességének — ha nem is elérését, de legalább — megközelítését, s a függőleges fel- és leszállás lehetővé tételét. E két repülési tulajdonság egy géprendszerben való egyesítése adja a költséges repülőterek építésétől mentes, gazdaságos és biztonságos légiforgalom megoldását.

A háború gyors megoldást kívánt. A pillanatnyi szükségletnek megfelelően megelégedtek az önmagában is kétségtelenül nagy jelentőségű egyhelyből való függőleges fel-emelkedéssel és leszállással, valamint az egyhelyben való lebegéssel. Az utazósebességnek nem tulajdonítottak döntő fontosságot. Így születtek meg az első helikopter-típusok, amelyeket már sorozatban is gyártottak. Ezek a gépek valóban tudtak függőlegesen fel- és leszállni, egyhelyben lebegni, motor nélkül, ún. *autorotációs* siklórepüléssel leszállni, de sebességük még a 200 km/ó-t sem érte el. Végül is belenyugodtak, hogy ezen nem lehet változtatni.

Az a törekvés tehát, hogy a nagy utazósebességet és a függőleges irányú fel- és leszállást lehetséges lesz egy géprendszerben egyesíteni, egyelőre álomnak bizonyult.

ÚJ ERŐFESZÍTÉSEK FORRÁSA

Van tehát egy merevszárnyú géptípusunk, amellyel óriási repülősebességet lehet elérni, de ennek leszállása és felszállása az elképzelhető legnehezebb, s a nagy repülőterek

építése miatt igen költséges, s van egy másik, a forgószárnyú típusunk, amelynek fel- és leszállása biztonságos és — nagy repülőterek építése nélkül — gazdaságos, de a két kiváló tulajdonság egyesítése még hiányzik.

Jórészt ennek tudható be — noha egyéb szempontok is alaposan közrejátszanak — hogy a repülőgépek fejlesztésére szerte a világon óriási súlyt fektetnek. A fejlesztés vonatkozik természetesen a repülőgép valamennyi tartozékára. Így elsősorban a repülőgép vázára, a hajtóművekre: a dugattyús motorokra, gázturbinákra, a légcsvár nélküli hajtást biztosító gázsugár-hajtóművekre — amelyeket köznyelven (helytelenül) lökhajtásosnak, némi humorízzal „lökös”-nek is nevezünk —, a rakétahajtóművekre és száz egyéb más tartozékra, szerkezeti anyagra, beleértve a műanyagokat is. Sőt, a nagyarányú fejlesztési munkához alapvetően új laboratóriumokat, berendezéseket, mérőeszközöket és műszereket kellett megalkotni.

A repülőgépek nagy családjába szigorúan besorolt merrev- és forgószárnyú gépeken kívül az utóbbi időkben egészen különleges repülőszerkezetek is épültek és — többé-kevésbé — repültek. A hírközlő szervek, elsősorban a külföldi sajtó, rendszerint új korszakot nyitó alkotásként mutatják be ezeket a repülőszerkezeteket, amelyek kétségkívül hoznak valami újat a repülésben, de szakszerű mérlegelés után jelentőségük alaposan túlbecsültnek tekinthető.

A tudományos fejlesztési munkával ugyanis a gázsugár-hajtómű súlyához viszonyított teljesítményét bámulatosan nagyra tudták emelni. Tárgyilagosan meg kell állapítani azonban, hogy e hajtóművek gazdaságossága alatta marad a dugattyús motorokénak, hatásfokuk is alacsonyabb a benzinüzemű dugattyús motorok 25—28, a nyersolajüzemű (diesel-) motorok 30—38%-os hatásfokánál. Az ilyen hajtóművek tökéletesen megfelelnek katonai célokra, ahol kizárólag a teljesítmény a fontos, s a gazdaságosság nem lényeges, de a légi forgalomban nincs megoldva alkalmazásuk minden vonatkozása, mert itt a gazdaságosság döntő követelmény.

A különleges repülőszerkezetek — amelyeket vertiplánnak, konvertiplánnak, koleopternek, minikopternek, repülőágynak, repülő dobogónak, repülő csészealjnak neveztek el — megszületésüket elsősorban a rendkívüli hajtómű-telje-

sítményeknek köszönhetik. E különleges gépek egy részét már megépítették és repültek is velük, másrészt megépítették ugyan, de még nem repültek velük, sőt, vannak olyanok is, amelyek még csak a rajztáblákon léteznek.

Némelyikükkel sikerült egyhelyből függőlegesen szállni, s ugyanilyen módon a földre ereszkedni. De még az utóbbi — a függőleges földreereszkedést — is, akárcsak a függőleges felemelkedést a nagyteljesítményű hajtómű (gáz-sugárhajtómű, gázturbina) kellő működtetése, járatása biztosította. Leállított, hibás hajtóművel azonban az ilyen gépek nemcsak hogy függőleges siklórepüléssel nem képesek leszállni, de szög alatti siklórepülésük is — a kis szárnyak és a nagy utazósebesség következtében — még nagyobb nehézségekbe ütközik, mint a sugárhajtású, nagysebességű, merevszárnyú repülőgépeknél.

E különleges repülőszerkezetek sem tudják tehát elérni a nagy célt: a nagy utazósebesség és a kis fel- és leszállósebesség egyesítését. Megoldásaik tanulmányozásából még azt a következtetést is levonhatjuk, hogy túlzottan erőszakolt rendszereikkel még a légiforgalomban is nehezen, vagy egyáltalán nem lehet majd őket alkalmazni.

A technika mai állása szerint egyelőre csak a merevszárnyú és forgószárnyú repülőgépek fogják a légóceánt uralni.

ISMERKEDÉS A LEVEGŐ FIZIKÁJÁVAL

Mielőtt rátérnénk az egyes géprendszerek részletes bemutatására, feltétlenül kíváncsiak vagyunk, hogy megismerkedjünk a levegő fizikájának néhány alapfogalmával. A géprepüléssel kapcsolatban lépten-nyomon találkozunk olyan fogalmakkal, mint pl. a levegő súlya, nyomása, nedvesség- és páratartalma, hőmérséklete stb., s nagyon fontos, hogy pontosan tájékozódjunk, amikor az ezekre vonatkozó adatokat olvassuk. Ezeket a fogalmakat ugyan többé-kevésbé mindenki ismeri, de azért mégsem árt, ha itt újra rendszerbe foglaljuk őket.

Ott kell kezdenünk, hogy a fizika minden anyagot, testet a halmazállapota szerint külön csoportba oszt. Ezek szerint ismerünk:

1. gáznemű anyagokat (levegő, oxigén stb.),

2. cseppfolyós anyagokat (víz, olaj stb.) és

3. szilárd halmazállapotú anyagokat (acél, kőszén stb.).

Különböző okokból — elsősorban a könnyebb összehasonlítás végett — a fizikusok már régen megmérték az egyes anyagok fajsúlyát, azaz valamennyi anyag egy bizonyos térfogatot kitöltő mennyiségének súlyát.

A gáznemű anyagoknál ez a térfogat 1 m^3 (köbméter), a cseppfolyós, illetve szilárd halmazállapotú anyagoknál pedig 1 dm^3 (kőbdeciméter), azaz 1 liter űrméret-egység. A levegő fajsúlya tehát egyenlő 1 m^3 levegő súlyával, a víz vagy az acél fajsúlya pedig 1—1 liter víz, illetve acél súlyával. Ha tehát azt mondjuk, hogy az acél fajsúlya 7,8, akkor tudjuk, hogy ez az 1 dm^3 térfogatot kitöltő acélmennyiség súlyát jelenti.

A légköri viszonyok változásával többé-kevésbé megváltozik az anyagok terjedelme, sőt a súlya is. A három fő légköri tényező (a hőmérséklet, a légköri nyomás és a légnedvesség) közül a hőmérsékletnek van a legjelentősebb szerepe. Az anyagok súlyát kevésbé változtatja meg a hőmérsékletváltozás, annál inkább a terjedelmét. Emelkedő vagy süllyedő hőmérséklettel az anyagok terjedelme nő, vagy csökken. Kézenfekvő, hogy ha az anyagok terjedelme a hőmérsékletváltozással megváltozik, ugyanígy megváltozik a fajsúlyuk is, hiszen ugyanazon térfogatba most kevesebb, vagy több fér el belőlük. Ilyen, hőmérséklet okozta terjedelmváltozásnak minden anyag alá van vetve, de legjobban a gáznemű anyagok.

Sokszor beszélünk a géprepüléssel kapcsolatban légköri nyomásról is. Ezen a Földet körülvevő — feltevések szerint — kb. 1000 km magasságú levegőburoknak a Föld felszínére ható nyomását értjük, amely cm^2 -enként kb. 1 kg súllyal nehezedik a Föld felszínére és az azon élőkre. Ezt a légnyomást a *Toricelli* által felfedezett higanyoszlop-nyomással mérjük. A 45. szélességi fokon 15°C hőmérsékletnél, $0,5$ légköri páratartalomnál a tengerszint magasságában a normális légnyomás 760 mm.

A magasság növekedésével mind ritkább és ritkább lesz a levegő, következésképpen súlya is mind kisebb lesz. Ennek következtében a *Toricelli*-féle higanyoszloppal a magasság is mérhető. De nem fedné a valóságot, ha csupán a higany-

oszlop magasságának leolvasásával állapítanánk meg a tényleges magasságot. Jól tudjuk már, hogy fontos szerepe van a hőmérséklet megállapításának is. Magasabb hőmérsékleten, tehát ritkább, kisebb fajsúlyú levegőben a higanyoszlopra gyakorolt nyomás is kisebb, következésképpen kevésbé nyomja össze a higanyoszlopot, mint a sűrűbb, nagyobb súlyú levegő.

SZAKASZOK A FÖLD LÉGKÖRÉBEN

A géprepülés fejlődésének kezdeti szakaszában az eredmények mérésénél nem voltak figyelemmel a légköri viszonyok megállapítására és rögzítésére. Így azután előfordultak olyan „boszorkányos” esetek, amelyekre egyszerűen nem tudtak magyarázatot adni.

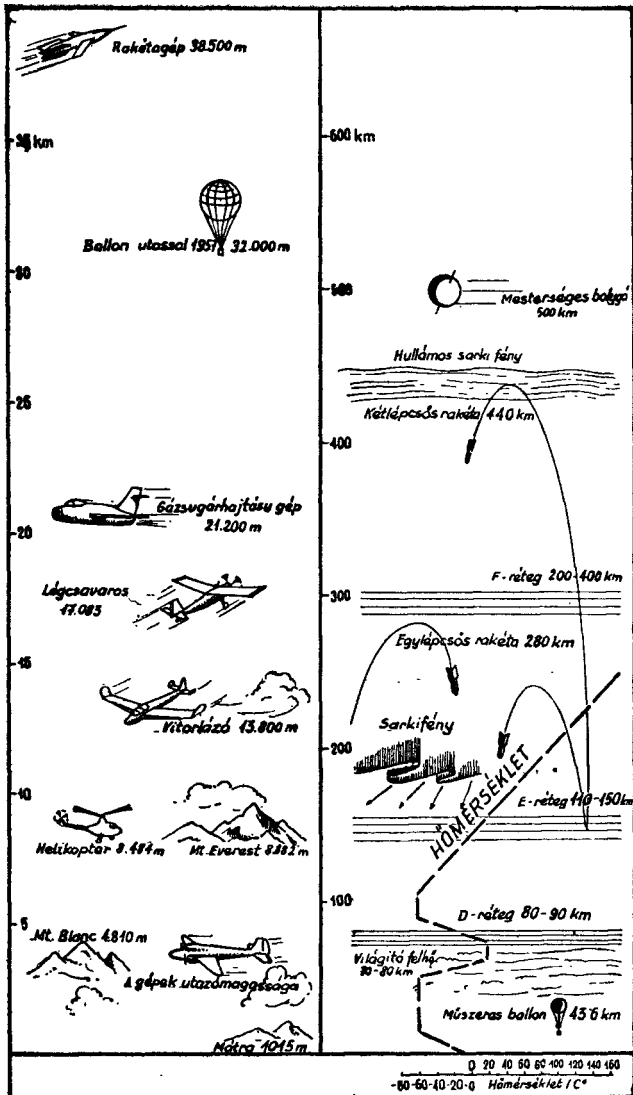
Megtörtént például, hogy egy léggömb két utassal és 50 kg súlyú homokzsákkal a kosarában hétfőn tekintélyes emelkedési sebességgel a magasba emelkedett. Ugyanaz a léggömb a következő napon, kedden azonban „megmáka-csolta” magát, s ugyanolyan súllyal, teljes gáztöltéssel sem tudott felemelkedni.

Később, a motoros repülőgépek korában gyakran fordult elő olyan eset, hogy egy repülőgép az egyik napon 6 perc alatt emelkedett 1000 méterre, a következő napon pedig ugyanezt a magasságot csak 6,5 perc alatt tudta elérni — látszatra egyező körülmények között. Csak később jöttek rá, hogy ezek a jelenségek a légköri viszonyokkal vannak összefüggésben.

Ezért azután olyan táblázatot dolgoztak ki, amellyel a mért eredmények rögzítése az egész Földön egységesen végezhető. Az egész világon elfogadott „normál légköri viszonyok”-nak tekintendő: 15 C° hőmérséklet 0,5 relatív nedveség és 760 mm légnyomás. Mindez a tengerszint magasságában értendő.

A fizikusok a Földet gömbszerűen körülvevő légburkolatot — a különböző jelenségek és tulajdonságaik alapján — magassági szakaszokra osztották fel:

0 km-től 10—12 km-ig terjed a *troposzféra*,
10—12 km-től kb. 30 km-ig terjed a *sztratoszféra*,



Baloldalon a repülés rekordjai összehasonlítva néhány hegy magasságával. Jobboldalon: a sztratoszféra egyes jelenségei és a műszeres ballon, valamint a rakéták által elért legnagyobb magasságok.

kb. 30 km-től kb. 80 km-ig terjed a *kemoszféra*,
 kb. 80 km-től kb. 400 km-ig terjed az *ionoszféra*,
 kb. 400 km-től feljebb az *exoszféra*.

A Föld felületéről visszavert napfény ereje már a sztratoszféra alsóbb magasságaiban erősen csökken. Itt állandó a szürkület, ami a magasság növekedésével tovább erősödik, majd a sztratoszféra magasabb rétegeitől kezdve a koromsötét örök éj veszi át uralmát. Az ilyen magasságban levő testek napfelőli oldalát úgy látnánk, mintha reflektorral lenne megvilágítva, az ellentétes felülete pedig belevész a sötét „éjszakába”.

A következő táblázatban összefoglaltuk a légköri nyomás és a hőmérséklet értékeit a tengerszint feletti különböző magasságokban:

Tengerszint feletti magasság, km	Hőmérséklet C-fok (100 m-ként 0,5 C° hőcsökkenésnél)	L é g n y o m á s			Hangterjedési sebesség, m/sec
		Hg mm	millibár*	kg/cm ²	
0	15	760	1013	1,033	340
1	10	675	900	0,908	338
2	5	598	797	0,822	335
3	0	528	704	0,743	332
4	— 5	466	621	0,669	331
5	— 10	410	547	0,602	326
6	— 15	362	483	0,539	323
7	— 20	320	427	0,482	319
8	— 25	283	377	0,429	315
9	— 30	250	333	0,381	313
10	— 35	209	279	0,337	310
15	— 56	93	124	0,160	294
20	— 56	50	67	0,074	294
30	— 56	7	9	0,014	294
40	— 56	2	2,7	0,003	294

* A normális légnyomás (1 atmoszféra) a 760 mm magas higanyoszlop nyomása a tengerszinten és a 45. szélességi fokon. A higany fajsúlya 13,596. Egy cm² területen a légnyomás által egyensúlyban tartott 760 mm magas higanyoszlop súlya tehát 1033,3 gramm. A CGS (centiméter-gramm-sekundum) rendszerben az erőegység 1 dyn, olyan erő, amely 1 gramm tömegben 1 cm gyorsulást (a 45. szélességi fokon 9,806) idéz elő. 1 gramm súlya 980,6 dyn. Ennek megfelelően 1033,3 gramm = 1,013.254 dynnel. 1 Hg mm tehát = 1333 dyn. 1 millió dynt bár-nak és annak ezredrészét millibárnak nevezzük. Ezek szerint 1 Hg mm = 1,333 millibárral és 1 millibár = 0,75008 Hg mm-rel.

A hőmérsékletre adott számok nem törvényszerűek, több tényezőtől függően változhatnak. Itt azonban nem térhetünk ki ezekre. Amint a táblázatból is látjuk, 11 000 m magasságon felül a hőmérséklet értéke mindenütt -56°C . Ebben a tekintetben csak az egyenlítő feletti hőmérséklet-alakulás a kivétel. Itt a hőmérséklet állandósága csak 17 000 m magasságban kezdődik, viszont az állandó hőmérséklet -80°C .

A felsőbb légrétegek titkainak megfejtése nemcsak a repülés, hanem egyéb tudományos szempontokból is igen fontos. Napjainkban egyre tökéletesebb kutatóeszközökkel és műszerekkel igyekeznek e titkokból minél többet megfejteni.

LÉGGÖMBÖK, LÉGHAJÓK : ZSÁKUTCA A LEVEGŐBEN

Az első léggömb megszerkesztésének gondolata Európában az olasz *Francesco Lana* nevéhez fűződik, aki 1670-ben Bresciában Archimedes törvénye alapján vélte a repülés problémáját megoldani. A repüléshez szükséges felhajtóerőt ugyanis nem valamilyen gépszerkezet mozgatásával, tehát nem dinamikai úton kívánta létesíteni, hanem sztatikai alapon, olyan szerkezet alkalmazásával, amely könnyebb a levegőnél.

Úgy okoskodott: ha Archimedes megállapítása szerint a víz a beléje helyezett tárgyakra felhajtóerőt létesít, s így a nála könnyebb tárgyakat a felszínre emeli, ez a törvény nemcsak a cseppfolyós, hanem a gázhalmazállapotú anyagokra, következésképpen a levegőre is vonatkozik. Így arra a következtetésre jutott, hogy ha egy test súlya kisebb, mint a vele azonos térfogatú, vagyis az általa kiszorított levegő súlya, a testnek fel kell emelkednie.

Elméletét úgy akarta gyakorlatilag is megvalósítani, hogy egy csónak fölé 4 db vékony rézlemezből készült gömböt köt, amelyekből a levegőt kiszivattyúzza. A gömbök nagyságát, illetve térfogatát úgy kell megválasztani, hogy az általuk kiszorított levegő súlya nagyobb legyen, mint az egész szerkezeté, a csónakban ülő utasokkal együtt.

A terv sohasem került kivitelezésre, s így Lana sem tudta meg, hogy tervezett gömbjeit a légnyomás, amely a

tengerszint magasságában cm^2 -ként kb. 1 kg-ot tesz ki, menthetetlenül összenyomta volna. Ettől eltekintve azonban a léggömb gondolatának felvetése terén kétségtelenül az övé az érdem — Európában.

De ebben is, mint a sárkány-rendszerű gépek megoldásában, mindenkit megelőzték a kínaiak. Lana idejében élt egy francia világutazó — nevét nem ismerjük —, aki hírét hozta, hogy Fo-Kien császár trónra lépte alkalmával Pekingben léggömböket eresztettek a magasba.

Gusmão Bartholomeo Laurencio portugál fizikus volt az első ember, aki léggömbbel eredményesen emelkedett a levegőbe. Kísérletéről csak annyit tudunk, hogy 1700 körül V. János király udvara előtt felszállt a nézők általános elragadtatása közepette. A léggömb kosarában maga a feltaláló foglalt helyet. Szerencsés kísérlete azonban balszerencsével járt: földetérése után az inkvizíció emberei azonnal börtönbe vetették, s varázslóként meg is égették volna, ha maga a király közbe nem lép. Nem is szerepelt többé „varázslatával”, s a léggömbök továbbfejlesztése abba is maradt majdnem egy évszázadig. Az 1709-ben kelt szabadalomlevélben még részletesen leírja léghajójának gyakorlati alkalmazását, így hadászati lehetőségeit, sőt, az Északi-sark elérésének lehetőségét is ecseteli.

Az olasz Lana nyomdokain a francia *Galien* halad tovább, aki már nem akarja a gömböket légteleníteni, mert tudja, hogy ezeket a külső légnyomás azonnal összenyomná. Megoldásként azt javasolja, hogy a gömbökbe „könnyebb” levegőt töltsenek, nyilván már tudja, hogy a levegő a magasabb légrétegekben mindinkább ritkul. Ezért tehát arra kovácsol tervet, hogy a gömböket az Avignon-hegy tetejéről palackokban lehozott levegővel töltsék meg.

A MONTGOLFIER-LÉGHAJÓK

A francia *Montgolfier-testvéreké* az érdem, hogy rájöttek: a repülést valamilyen sztatikus felhajtóerő alkalmazásával lehet megoldani. Valamilyen gáz alkalmazásával, amely könnyebb a levegőnél. Feltevésük szerint, ha sikerül a gáz összetartására megfelelő könnyű és jól záró anyagot találni, akkor ez az „összefogott” gáztömeg a fizika törvé-

nyei szerint a körülvevő, sűrűbb, nehezebb levegőben föl fog emelkedni, a burkolattal, tartozékaival, a bennülő emberekkel együtt.

Az angol Priestley és Cavendish által a XVIII. század vége felé felfedezett új elemnek, a hidrogénnek az a fizikai sajátossága, hogy szennyezetlen, tisztított állapotban kb. 14-szer könnyebb a levegőnél, erősen serkentette a francia kutatókat tervük kivitelezésében. Készítettek is egy kísérleti léggömböt — papírból; az akkori ismeretek szerint ugyanis egyedül ez az anyag jöhetett számításba erre a célra. Kísérletük azonban kudarcra végződött, mert a papír könnyen átengedi a hidrogént.

Hosszas töprengés után hidrogén helyett a meleg levegőt választották, amelynek fajsúlya nagyobb és így felhajtóereje lényegesen kisebb a hidrogénénél, viszont a papír kevésbé eresztí át. Megoldották a léggömb utántöltését is oly módon, hogy a léggömb nyitott alsó része alatt — akár repülés közben is — nedves szalmát és gyapotot égettek.

A kísérletek sikerrel jártak, s a Montgolfier-testvérek elérkezettnek látták az időt, hogy kísérleteikkel a nyilvánosság elé lépjenek. Készítettek egy 12 m átmérőjű, belül papírral bélelt, vászonburkolatú léggömböt, amelyet azután az említett módon meleg levegővel táplálva 1783-ban Annonayban nyilvánosan is bemutattak. Ennél a kísérletnél a léggömb 10 perces repülés után érte el ismét a földet.

A sikeren felbuzdulva, közadakozásból Charles tanárral most már hidrogénnel töltött léggömböt készítettek, amely ugyanebben az évben a párizsi Mars-mezőn a nagy nyilvánosság szemeláttára emelkedett a levegőbe. Minthogy ez a léggömb teljesen zárt volt, nagyobb magasságban a belső túlnyomás következtében burkolata megrepedt, s a nagy léggömb háromnegyedórás légiút után lassan visszaereszkedett a földre.

ÚJ ÚTTÖRŐK

A siker hírére maga XVI. Lajos is érdeklődni kezdett a találmány iránt, s ugyanezen év (1783) őszén a Montgolfier-fivérek készítette meleg levegővel töltött ballon — kosárban egy juhval, egy kacsával és egy kakassal — Versailles-ben

ismét sikeresen a levegőbe emelkedett, s 10 perces utazás után „utasaival” együtt sértetlenül ereszkedett a földre.

Sok huzavona után sikerült a királytól engedélyt kapni arra, hogy egy kísérleti felszállásban utasként ember is részt vehessen. 1783. október 21-én emelkedett a két első léghajós, *D'Arlandes* márkí és *Pilâtre de Rosier* a levegőbe, s fél órai légiút után sértetlenül földet is értek. (Két évvel később *Rosier* lett a léghajózás első vértanúja.)

A sikeres felszállások után a léghajózás egyszerre „népszerűvé” vált. Először sportból, majd tudományos célokból is foglalkozni kezdtek vele, s így rohamos fejlesztése is megindult. A fejlődés első lépése a gázkibocsátó szelep és a teherként vitt súly, homokzsák alkalmazása volt. Ezután következett a leszállást megkönnyítő horgony, majd a magasság mérésére szolgáló barométer alkalmazása. Később az 5000 m-nél nagyobb magasságokban való repüléshez oxigén-belégző berendezést is vittek magukkal.

Két évtizeddel a Montgolfier-fivérek első kísérletei után *Gay-Lussac*, a nagy francia fizikus már 7000 m magasságba emelkedett a felsőbb légrétegek tanulmányozása céljából. Nem sokkal később, 1854-ben két angol kutató, *Rush* és *Green* már 8143 méterre emelkedett. Felszállásuk azért érdemel külön említést, mert ők voltak az elsők, akik a költséges hidrogén helyett ballonjukat világítógázzal töltötték meg.

1862-ben az angol *Glaisher* és *Coxwell* szálltak fel Woolverhampton-ban, s szinte eszméletlen állapotban nyitották meg a gázkibocsátó-szelepet. A magasság, amelyet elértek, becslésük szerint 11 000 m volt. 1875-ben a francia *Tissandier*, *Sivel* és *Crocé-Spinelli* szállnak fel olyan magasságba, ahonnan már csak *Tissandier* tér vissza élve.

Berson rekordja volt az első, amely teljesen hitelesnek tekinthető. 2000 köbméteres „Foenix” ballonjával 9154 m magasságig jutott, ahol a légnyomásmérő higanyszála már csak 231 mm-t mutatott, s a hőmérséklet értéke — 47,9 C° volt.

Nem kevésbé érdekesek a fejlődés következő állomásai sem. A XX. század elején hívják létre a *Gordon—Bennett*-versenyt, amelyet évenként rendeznek meg a részt vevő országok repülőklubjai, mindig az, amelynek tagja az előző

évi versenyt nyerte. A versenynek egyébként az a győztese, aki a legtovább marad a levegőben, illetve, aki a legnagyobb távolságot teszi meg léggömbjével. A francia *De la Vaux* 1900-ban 36 óra alatt Párizsból a 2000 km távolságban levő Kijevbe repül. A német *Wegener*-testvérek 53 óráig repülnek egyhuzamban ballonjukkal. Az 1907. évi Gordon—Bennett-versenyen a svájci *Scheck* 73 órás repülésével világrekordot állít fel.

KORMÁNYOZHATÓ LÉGHAJÓ!

A léggömb-repülés megindulásával jóformán egyidőben megszületett az a törekvés, hogy a léggömböt ne csupán a szél irányító hatásának tegyék ki, hanem valamilyen hajtógéppel előrevinni és kormányozni is lehessen. A „kormányozható léghajó” ebben az időben azonban csupán vágyálom volt, hiszen sem a megfelelő hajtómű, sem a hajtómű teljesítményét megfelelően átalakító légsavar nem állt rendelkezésre.

Giffard, a nagy tehetségű francia tervező volt az első, aki 1852-ben ballonját hosszú szivaralakúra formálta, s alul merev rúdhoz kötözve merevítette. A szivartest alá egy 3 lóerős gőzgépet épített be, amely a technikai fejlődés akkori fokán a lehető legkisebb súlyú volt. A gőzgép egy háromágú, vaskeretre kifeszített vászonból készült légsavart hajtott, s ezzel a megoldással *Giffard* léghajója 2—3 m/sec sebességet ért el.

Kormányozható léghajóval az első nagy sikert a brazil *Santos-Dumont* aratta, aki 1903-ban Párizs Saint-Denis külvárosában felszállva megkerülte a 300 m magas Eiffel-tornyot, majd kiindulási helyére tért vissza. Ő volt az első, aki benzinmotorral hajtott szivaralakú léghajójával ilyen tervszerű repülést hajtott végre.

A francia hadvezetőség — felismerve az új repülőeszköz hadászati lehetőségeit — felkarolta a „kormányozható léghajók” fejlesztését. A kutatómunkával *Julliot* mérnököt bízták meg. Ő volt az első, aki felismerte, hogy az egyre nagyobb méretűre épített léghajók szilárdsága, merevsége igen fontos körülmény. Ezért a hosszúkás szivartest alá merev szerkezetet épített, amelynek az volt a rendeltetése, hogy a

szivaralakú léghajó formáját minden körülmények között biztosítsa. Julliot több léghajót épített, egyikük sebessége a 14—15 m/sec-ot is elérte.

A francia mérnök immár 50—60 km/ó sebességgel repülő léghajóin vízszintes elrendezésű kormányssíkokat alkalmazott; ezek különböző szögekben állíthatók voltak. A kormányssíkok segítségével a léghajók bizonyos határig gáz- vagy ballasztvesztés nélkül változtathatták repülési magasságukat. Az oldalra való irányváltztatás a ballon hátsó része alatt, a magassági kormányfelületek végén, függőleges tengely körül jobbra-balra forgatható függőleges kormányssíkkal történt.

A NAGY TALÁLmány

Mindez az 1910-es években történt. Időrendi sorrendben már meg kellett volna emlékeznünk a magyar Schwarz Dávidról, aki egészen új rendszer szerint tervezett kormányozható léghajót. A hosszúkás, szivaralakú ballonoknál ugyanis fontos probléma volt a bevonat (textil, selyem stb.) merevítése.

Giffard, s utána a többiek ezt a problémát úgy oldották meg, hogy a hosszúkás ballon alatt, vele párhuzamosan fagyag acélszerkezetű merevítő-vázat alkalmaztak. A vázat kötérendszerrel a felette levő ballonhoz kötötték, mégpedig oly módon, hogy a kötélhálózat körülvette a gázzal töltött puha ballontest tetejét és két oldalát. Ezen a módon a hosszú merevítő rácsszerkezet a ballontestet is mereven tartotta, s alakváltozását megakadályozta. A merevítő szerkezet alatt helyezték el a hajtóművet és a vezetőszemélyzetet. A merevítésnek ezt a megoldását félmerev rendszerűnek nevezték.

Schwarz Dávid a ballontest alaktartását nem külön merevítőszerkezettel akarta biztosítani, hanem magát a hosszúkás ballont akarta olyan módon merevvé tenni, hogy az eddig lenolaj-firniszszel vagy benzinben oldott gumival impregnált textiliából kialakított burkolatot 0,2 mm-es alumíniumlemezekből készült burkolattal helyettesíti. Így maga a ballontest válik merevvé, alaktartóvá, minden külön merevítő segédyszerkezet nélkül. Ez a merev rendszer sok előnnyel kecsegtetett a korábbi félmerevvel szemben.

Találmányát először az akkori monarchia hadügyminisztériumának ajánlotta fel a legapróbb részletekig kidolgozott tervei bemutatása mellett. Itt azonban azzal u-asították el, hogy elgondolása kivihetetlen. A visszautasítás után összeköttetésbe lépett a bécsi orosz nagykövetséggel találmánya értékesítése, hasznosítása végett. Az eredmény: meghívták Oroszországba, s megbízták egy alumíniumlemezekkel borított kormányozható léghajó elkészítésével.

Kétévi küzdelmes munka után el is készült a hosszúkás ballontest. Sajnos, ekkor derült ki, hogy a léghajóhoz szállított gáz hasznavehetetlen. Valószínűleg erősen szennyezett volt, s így nagy fajsúlya lévén, nem volt meg a kellő felhajtóereje. Hiába közölte ezt az ille'ékes szervekkel, amikor elérkezett a kitűzött határidő, s léghajója még mindig nem repült, kísérleteinek további támogatását azonnal beszüntették. Schwarz nehéz helyzetbe került, s hamis útlevéll, szökve kényszerült elhagyni az országot. Előzően azonban kész léghajóját összerombolta.

Németországba került, ahol sikerült egy alumíniumfeldolgozó üzem, majd a hadügyminisztérium érdeklődését felkeltetni, s 1895-ben megkezdték léghajója építését. Ekkor már nyolc esztendeje kizárólag találmányának megvalósítása kötötte le minden idejét.

Még ugyanebben az évben, október 9-én megtartották az első próbát, amely ismét kudarccal végződött. Újra a silány minőségű gáz volt a sikertelenség oka. Megint megkezdődnek a viták, harcok, veszekedések.

Testben-lélekben megtörve hagyta el Németországot és Bécsbe utazott. Végre 1897. január 13-án a vegyészeti gyár értesítette, hogy sikerült a megfelelő minőségű gázt előállítani. A hadügyminisztérium is felszólította, hogy tartsa meg az első próbarepülést, s ha ez sikerül, átveszik a léghajót.

SIKERNEK SZÁMÍTÓ BALESET

Schwarz léghajója 47,5 m hosszú henger volt, amelynek mellső része kúpos kialakítású, a hátsó vége pedig a ballontest hosszanti tengelyére függőleges sík-lappal volt lezárva. A test űrtartalma elérte a 3600 köbmétert, tehát a legnagyobb, amit addig építettek. Teljes súlya 3500 kg-ot tett

ki. Hajtóműként négyhengeres, vízűtéses Daimler-motort alkalmaztak 16 LE teljesítménnyel. A mo'or három légsavart forgatott.

A próbarepülést 1897. november 3-án hajtották végre, igen kedvezőtlen, szeles időben. A német léghajós osztag egyik őrmesterét bízták meg a vezetéssel, aki bizony ehhez édeskeveset értett. A léghajó a Berlin-tempelhofi térről szállt fel kb. 400 m magasságba, majd simán szállt tovább Schöneberg felé. A cél elérése előtt azonban az egyik légsavart hajtó áttételi szíj lecsúszott a szíjtárcsáról, s a pilóta ezt nem tudta a helyére visszatenni. Ezért elhatározta a leszállást. Minthogy azonban nem értett sokat hozzá, túl sok gázt engedett ki a ballonból, így a léghajó túlságosan gyorsan süllyedt és erős zökkenővel ért földet. Az ütdés következtében az alumíniumlemezből készült ballontest erősen megrongálódott. A pilótának semmi baja sem történt. A repülés közben elért átlagsebessége 35 km volt óránként. A baleset ellenére a repülés sikernek számított, s ékesen bizonyította a merev építési rendszer alkalmazhatóságát.

Schwarz Dávid azonban már nem érte meg léghajója felszállását. A sok munka és izgalom teljesen kimerítette, s 1897. január 11-én Bécsben meghalt. Halála után özvegye a német gróf *Zeppelin*nek adta el a gép szabadalmait és a fejlesztési munka eredmény-adatait.

A LÉGHAJÓZÁS ÚJ KORSZAKA

A léghajózás történetében külön fejezetet kellene nyitni Zeppelinnek, aki tevékenységével valóban új korszakot nyitott a léghajózásban. A Zeppelin-rendszerű motorhajtású léghajók szegecselte duralumínium-vázsal készültek. Alakjuk hosszú henger volt, elől-hátul kúpos kialakítással. A vázszerkezet gumizott vászonnal volt borítva. A hengeres test több — 10—12 — cellára volt osztva. A juhbélből készült cellák teljesen zárt, önálló egységeket alkottak. A hosszú hengeres test alatt helyezték el a motorok és a kezelőszemélyzet gondoláit. A henger hátsó végére építették a magassági és oldalkormány-felületeket, amelyek teljesen azonos rendszereűek voltak a sárkánygépeken alkalmazott kormányfelületekkel.

Az első Zeppelin-légihajó, az LZ—1 hossza elérte a 128, átmérője pedig a 11,65 m-t. Gáztartalma 11 300 köbméter volt. A légihajótest 17, egymástól teljesen elzárt cellából állott. A test alatt levő két gondolában egy-egy 14,6 LE-ös Daimler-motor volt beépítve. Négyágú, 1 m átmérőjű alumíniumlemezből készült légcsavarokat forgattak, percenként 1100 fordulattal.

Az LZ—1 1900. július 2-án emelkedett először a levegőbe, s 17 perces repülést végzett 7,8 m/sec, azaz kb. 28 km/ó-s sebességgel.

Zeppelin tevékenysége az akkori időkben egészen új távlatokat nyitott a légiközlekedésben. Sok küzdelem, nehézség árán a „Zepp”-ekből — ahogyan akkor nevezték őket — több mint százat építettek. Legnagyobb részük az első világháború alatt, háborús célokra készült. 41 százalékuk légvédelmi beavatkozás, 13,5 százalékuk robbanás, 10 százalékuk vihar, 16,5 százalékuk pedig egyéb okok következtében vált üzemképtelenné, s csupán 19 százalékuk maradt épen.

Az első világháború után a még működőképes Zeppelineket a győztes antant-hatalmaknak kellett átadni. Minthogy azonban az átvétel után hiányoztak a megfelelő, betanult szakemberek a hatalmas, bonyolult légijárművek kezeléséhez, az átadott légihajók rövidesen elpusztultak.

ZEPPELINEK A LÉGIKÖZLEKEDÉSBEN

A legnagyobb teljesítményű Zeppelin, amelyet a németek az első világháború alatt építettek, az L—71 jelzésű volt. Érdemes feljegyezni adatait: gáztérfogata elérte a 68 500 köbmétert, hossza 211,5, átmérője 23,9 m, motorjainak teljesítménye 1560 LE, hasznos teherbírása 51 000 kg, utazási sebessége pedig 122 km/ó volt.

Még a háború befejezése után is építettek Németországban két Zeppelint, amelyekkel rendszeres tengerentúli járatokat létesítettek, először Dél-Amerikával, később pedig az Egyesült Államokkal is. Az utóbbi járat gépe a New York-i repülőtéren végrehajtott leszállása alkalmával kigyulladt, felrobbant, s minden utasa szörnyethalt. A szörnyű baleset hatására az Egyesült Államokban tüstént betiltották a Zeppelinek közlekedését. Ezt követően tárgyalások kezdődtek az

Egyesült Államok és Németország között, hogy az USA héliumgázt bocsát Németország rendelkezésére. A hélium fajsúlya ugyan kétszerese a hidrogénének, ezzel szemben az a nagy előnye, hogy nem ég. A tárgyalások azonban nem vezettek eredményre, s minthogy ebben az időben a sárkány-rendszerű repülőgépek fejlődése óriási léptekkel haladt előre, a kormányozható léghajók továbbfejlesztése lekerült a napirendről.

Meg kell említeni, hogy az első világháború után az Egyesült Államokban és Angliában is jelentős kísérleteket folytattak a kormányozható léghajók fejlesztésére. Ezek a kísérletek azonban az angol R—101 jelzésű kormányozható léghajó szerencsétlenségének hatására abbamaradtak.

Ezt megelőzően, az első világháború idején már foglalkoztak az Egyesült Államokban és Angliában a kormányozható léghajókkal, de kizárólag csak hadászati célokra. A kísérletekre az serkentette az angolokat és az amerikaiakat, hogy a németek nagy sikerrel alkalmazták a Zeppelineket az első világháborúban taktikai célokra: pl. csapatszállításra, hadianyagok és hadfelszerelés nagy távolságra való szállítására, sőt, közvetlen harci feladatokra is, pl. London bombázására. Léghajóik az akkori repülőgépekkel szemben nagy előnyben voltak néhány vonatkozásban: rendkívül nagy teherbíró képességükkel, nagy függőleges emelkedési sebességükkel, nagy csúcsmagasságukkal (6600 m), s végül azzal is, hogy egyhelyben tudtak lebegni, s így célzókéességük utolérhetetlen volt.

De még forgalmi, személyszállító gépként is óriási volt az előnyük az akkori repülőgépekkel szemben. A Berlin—Buenos Aires, óceán feletti kb. 11 000 km-es út pl. mindössze kb. négy napot vett igénybe Zeppelinnel. Az utasszállító léghajók a legnagyobb kényelemmel voltak berendezve: légkondicionált (fűtött—hűtött, szellőztetett) utasfülkék, háló- és fürdőszobák folytonos hideg- és melegvíz-szolgáltatással, villanyvilágítás, társalgó-, étkező-, dohányzótermek, hideg-meleg konyha, rádió, állandó távirószolgálat, fodrász állott az utasok rendelkezésére.

Ellenük szólt azonban manőverezésük, pl. leszállásuk rendkívüli bonyolultsága. A leszálláshoz nagy létszámú begyakorolt legénységre van szükség. A leszállás ugyanis úgy

történik, hogy a hajótest tetején levő szelepek megnyitásával bizonyos mennyiségű gázt bocsátanak ki a léghajóból. Közben a hajót orrával a szél ellen kell állítani, s így kell tartani. Hogy a szél ne vihesse el a leszállásra kijelölt helytől, motorjait állandóan megfelelő fordulattal kell járatni. Amikor már eléggé megközelítették a talajt, köteleket dobnak le a léghajóról. Abban a pillanatban, amikor a hosszú kötelek végei a talajt érintik, a lent várakozó legénység megragadja a köteleket, és a hajót a csarnokba vontatja, vagy horgonytoronyhoz rögzíti. Erősebb szélben a leszállás rendkívül körülményes volt.

1930. október 2-án ismét szörnyű csapás érte a léghajózást. A hatalmas angol *R-101* jelzésű kormányozható léghajó — fedélzetén az angol légügyi minisztérium vezető személyiségeivel — Franciaország felett felrobbant, s utasaival együtt porrá égett. Nem sokkal utána következett be a nevezetes New York-i léghajókatasztrófa. E két tragédia megpecsételte a kormányozható léghajók sorsát, további alkalmazásukkal és fejlesztésükkel többé nem foglalkoztak.

LÉGGÖMBÖK A HÁBORÚKBAN

A levegőnél könnyebb repülőszervezetek családjának másik tagja, a kormányozatlan, egyszerű léggömb szintén érdekes pályát futott be. Az első világháborúban a hadviselő felek egyaránt nagy fontosságot tulajdonítottak alkalmazásuknak, s tüzérségi megfigyelésre használták.

A léggömböket drótkötéllal engedték a magasba, a szükség szerint 800—1000 m magasságba. A léggömb kosarában levő megfigyelő távcsővel figyelte a tüzérség lövedékeinek becsapódását, s a kikötési drótkötéllal együtt vezetett telefonvezetéken irányította a tüzet.

Ezek a kötött léggömbök nagyszerűen beváltak, egészen addig, amíg a háború második felében meg nem jelentek a „nagysebességű” kb. 200 km/ó sebességű vadászgépek. Sebességük lehetővé tette, hogy a front mögött 10—20 km távolságban levő kötött léggömböket percek alatt elérjék, s gépfegyverük foszforlövedékeivel felgyújtsák. A léggömb kosarában ülő megfigyelő még védekezni sem tudott, hiszen a „kosárba” nem lehetett gépfegyvert beépíteni, de egyébként

is a felette levő hatalmas, hidrogénnel töltött ballon miatt fellőni sem tudhatott, a támadás viszont felülről érte. Amíg viszont a front mögötti repülőterekről felszálltak az elhárító vadászgépek, s elérték az ellenséges gép magasságát, az már régen elvégezte feladatát. Így az első világháború második szakaszában a kötött léggömbök mind jobban veszítettek értékükből, s lassanként meg is szüntették alkalmazásukat.

A második világháborúban ismét komoly szerephez jutottak a gázzal töltött, kötött ballonok, és pedig Angliában. A német légitámadások elleni védekezésre használták őket, drótkötéllal sűrűn egymás mellé kikötve. Ezen a módon a légitámadás ellen védett város köré nagy magasságig sűrű, függőleges drótháló-védőövet létesítettek. A védett területet csak a ballonok fölötti igen nagy magasságból lehetett bombázni, ami a találati biztonságot erősen csökkentette. A léggömbök alatti, alacsonyabb repülésnél a támadó gép legtöbbször a dróthálókba ütközött és lezuhant.

ÚJ TÁVLATOK?

A legutóbbi időkben ismét hír érkezett a motorhajtású, nagyméretű léghajók gyakorlati alkalmazásáról. A hírek szerint az Egyesült Államok légereje ezeket a léghajókat nagyobb magasságban stratégiai repülőgépek irányítására használja. Egy másik hír szerint az amerikai haditengerészet ZPG—2 jelzésű léghajója megdöntötte a „Graf Zeppelin” nevű léghajó 1929-ben felállított 11 230 km-es távolsági rekordját a több mint 250 óráig tartó, leszállás nélküli, egyhuzamban való repülésével. A jelentések szerint ezt a léghajót tengeralattjárók felkutatására és megsemmisítésére kívánják felhasználni.

Bármilyen próbálkozások is lássanak azonban napvilágot, egy bizonyos: a léghajók, léggömbök zsákutcát jelentenek a repülésben. A mai korszerű légiforgalomban értelmetlen lenne alkalmazásukra szót és pénzt vesztegetni, s hadieszközként is alaposan vitatható a jelentőségük.

Van azonban még egy terület, ahol sokáig szükségünk lesz még a léggömbökre és ez a tudományos kutatás. Itt van pl. a meteorológiai szolgálat, amelyben rendkívül fontos szerepet játszanak a naponta ezerszámra felbocsátott kisméretű, gumiból vagy műanyagból készült, gázzal töltött „léggömb-szondák”. Ezek a kicsiny léggömbök rádióadókészüléket visznek magukkal, s önműködően jelentik a magasban észlelt időjárási adatokat.

De ezenkívül rendszeresen bocsátanak fel különleges műszerekkel felszerelt léggömböket a magaslégkör tanulmányozására is. Ez év elején például az amerikai Minnesota államban a kozmikus sugárzás tanulmányozására műszerekkel felszerelt léggömböt bocsátottak fel, amely az eddigi magassági csúcseredményt megdöntve, 43 564 m magasságba emelkedett.

Hasonló kutatási célokkal az elmúlt negyedszázadban számos olyan kutatóléggömböt is építettek, amely emberekkel emelkedett a magasba. E munkáknak a svájci *Piccard* professzor az úttörője. Az 1931. május 27-én végrehajtott felszállása alkalmával pl. 16 000 m magasságot ért el. Ballonjának átmérője 30 m, térfogata pedig 14 130 köbméter volt. Az alatta levő kötelekre felfüggesztett gömbalakú, légmenetesen zárható, 2,1 m átmérőjű gondola alumíniumból készült, köralakú ablakokkal és bejárati ajtóval. A gondolában helyezték el a két utason kívül a műszerek egy részét is, másikat részüket a gondola külső falára szerelték.

A felszállásra előkészített ballon teljes súlya, a gondolával, utasokkal és homok-ballaszttal együtt elérte a 2150 kg-ot. 2600 köbméter hidrogénnel töltötték meg, tehát a ballon úrtartalmának alig 1/5-vel.

Az utasokkal felszállt léggömbök közül eddig az amerikai Joe Kittinger kapitány héliummal töltött ballonja érte el 32 000 m-rel a legnagyobb magasságot.

GÉPRENDSZER A PAPÍRSÁRKÁNY ELVÉBŐL

Sorrendben először kellett volna foglalkoznunk a repülőgépek családjának legnagyobb csoportjával: a merevszárnyú, sárkány-rendszerű repülőgépekkel, amelyek a legfontosabb szerepet töltik be a korszerű géprepülésben. Alapelvüket — kezdetleges papírsárkányaikkal — évezredekkel ezelőtt már a kínaiak is ismerték.

A géprepülés alaprendszere a papírsárkány elvére épül. Ezért is nevezzük a repülőgépeket *sárkány-rendszerű* gépeknek, megkülönböztetésül az egyéb elveken alapuló repülőgéprendszerektől.

A papírsárkányt mindannyian jól ismerjük. Tudjuk, hogy a repüléséhez bizonyos szélességre van szükség. Sok esetben előfordul azonban, hogy csupán pl. 100 m magasságban van megfelelő levegőmozgás, az alsóbb légréteg pedig teljesen szélmentes. Hogy a sárkányt a felsőbb, szeles légrétegbe juttathassuk, kénytelenek vagyunk az alacsonyabb légrétegben oly módon mesterséges szélességet létesíteni, hogy a sárkányra rögzített zsineggel futunk, s így a sárkány a magasba emelkedik.

Ebben az esetben lényegében ugyanaz a helyzet, mintha a sárkány állana, s a futási sebességnek megfelelő szél érné a felületét. A sárkány repülése szempontjából lényegtelen, hogy a környező levegő mozog-e, s a sárkány áll egyhelyben, vagy mindez fordítva történik. A lényeg csak az, hogy a környező levegő és a sárkány között viszonylagos sebesség

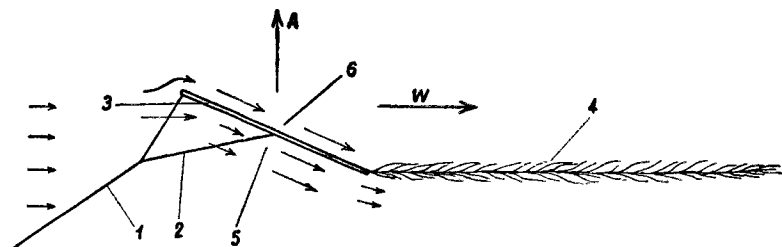
létesüljön. Ezt a viszonylagos szélesebbséget idézzük elő a sárkány zsineggel való vontatásával. Ha azután a sárkány ezen a módon elérte a mozgó felsőbb légréteget, beszüntethetjük vontatását, mert a repüléshez szükséges mesterséges szélesebbséget pótolja a természetes szélesebbség.

A szélesebbség következtében a sárkány felületének alsó, ún. *nyomási* oldalát légnyomás éri, a felső, *szívási* oldala felett elsikló levegő pedig szívóhatást létesít. A sárkánytestet háromágú ún. *kantár* köti össze a zsineggel, ez biztosítja, hogy a sárkányfelület a kívánt hajlásszögben álljon.

A nyomó- és szívóhatás a sárkánytest körül olyan légerőket létesít, amelyek lényegében függőleges és vízszintes irányban hatnak. A függőleges irányban ható légerő a sárkány felhajtóerejét adja, s ez legalább is azonos nagyságú a sárkány súlyával. A széllal azonos irányú — vízszintes — légerő viszont a sárkány ellenállását, a légellenállást létesíti. Minél nagyobb a szélesebbség, annál nagyobb a létesített felhajtóerő és ellenállás. E két erő nagyságát a kézben tartott zsineg megfeszülésén, húzásán észlelhetjük.

A sárkánytesthez csomózott papírsávokból még ún. „*farokot*” is rögzíthetünk a zsinegre, ez biztosítja a széliránnyal párhuzamos, stabil repülést és lebegést.

Rajzunkon részleteiben is megfigyelhetjük a sárkány működési elvét oldalnézetben. Az 1 a tartózsineget jelzi, 2 háromágú kantárt, 3 a sárkányfelületet, 4 a sárkány farokrészét, 5 a sárkányfelület nyomási, 6 pedig a szívási oldalát. A kis nyilak a szél és légáramlás irányát, valamint elosztását mutatják. Az A nyíl a keletkezett légerők függőleges irányú emelőerejének irányát, a W nyíl pedig az ellenállás irányát szemlélteti.



A papírsárkány lebegésének vázlatos ábrázolása.

A repülőgép-sárkány főalkatrészei: a szárny, vagy hordfelület, a kormánymű (kormányosok, vagy felületek), a futómű, a légsavar és a hajtómű.

A szárny alakítja át a motorteljesítményt légerőkké, elsősorban is felhajtóerővé, mely az egész repülőgépet lebegésben tarja. Ehhez azonban előrehaladó sebességre van szükség, mert minden szárny — sok tényezőtől függően — egy minimális sebességet igényel. Csak ez esetben létesül a gép szint-süllyedés nélküli, repülési lebegésben tartásához a kellő felhajtóerő.

A szükséges sebesség létesítését egy megfelelő rendszerű hajtómű által forgatott légsavar végzi, mely egyben a gép ily sebességénél keletkező légellenállás legyőzéséhez a kellő húzó- vagy tolóerőt létesíti. Légsavarra, mint energiaátalakító szervre azonban csak akkor van szükségünk, ha az alkalmazott hajtómű dugattyús motor, vagy gázturbina. Ha a hajtómű olyan rendszerű, mely az általa elégetett gázok kiáramlásával, kilökésével létesíti a szükséges tolóerőt, akkor légsavarra szükség nincs.

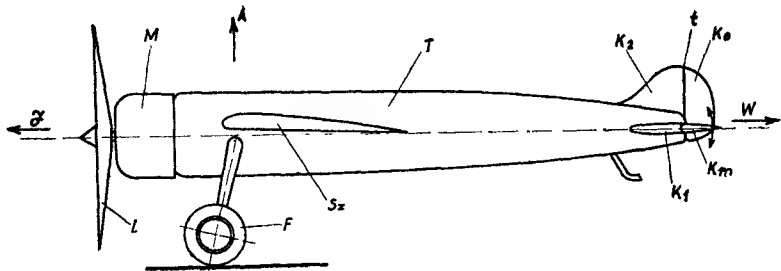
Légsavarnak, mint energiaátalakító szervnek az alkalmazása esetén a repülőgép *közvetett meghajtásáról* beszélünk, az ilyen szerv szükségtelensége, azaz a légsavar nélküli berendezés esetén pedig *közvetlen meghajtásról*. (Indirekt és direkt propulzió.)

A hajtóművet külön fejezetben tárgyaljuk.

A kormánymű (magassági és oldalkormány) a gép repülés közbeni irányítását, egyensúlyozását, stabilitását biztosítja.

A futómű teszi lehetővé a fel- és leszállást. Űn. szárazföldi repülőgépnél ez lényegileg gumibroncsos kerekekből áll, míg a vízirepülőgépeknél „lépcsős úszótestek”-ből. Ha a fel- és leszállási terep hóval borított, akkor rugózott szántalpakat használunk. Különleges célokra épült gépek futóműve vízi siklórendszerekből és egyben kerek rendszerből áll.

Rajzunkon bemutatjuk egy sárkány-rendszerű repülőgép oldalnézeti vázlatát és működési elvét. A papírsárkány zsinagét, amellyel a sárkányt előrevontatjuk, itt az *M* motor

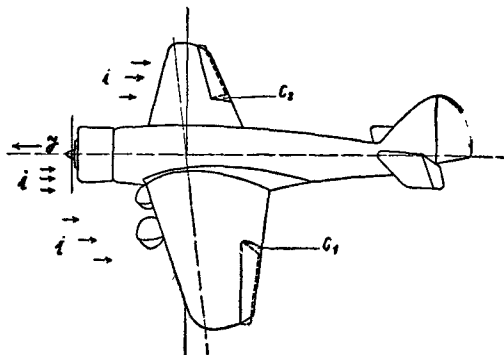


A légcsavaros repülőgép oldalnézetben.

által forgatott L légcsavar y irányban ható húzóereje pótolja. Az M motor a hosszúkás T törzsben van elhelyezve, a törzs végén vannak a $K1$ és $K2$ vezérsíkok, valamint a Km és Ko magassági és oldalkormányok. A törzs és a kormányszervek helyettesítik a papírsárkány farokrészét, amely ott — mint tudjuk — a mindenkori repülési egyensúlyt, illetve a súlylédés- vagy emelkedésmentes, stabilis repülést (a repülőgépnél ezenkívül az irányítási lehetőséget is) biztosítja.

A kormányzás legfőbb részei a magassági és oldalkormány. A vezérsíkok rögzítve vannak a törzshöz és el nem mozdíthatók. Ezek a gép mindenkori repülési irányával párhuzamos elrendezésűek, és emellett vízszintes repülés esetében a magassági kormány vezérsíkja vízszintes, míg az oldalkormányé függélyes. A Km magassági kormány a nyilak irányában le- és felmozgatható, a pilóta kezében levő kormány mozgatásának megfelelően, míg a Ko oldalkormány a t -tengely körül jobbra vagy balra mozdítható el pedállal.

Amennyiben a magassági kormányt a lefelé mutató nyíl irányába billentjük ki, úgy ennek folytán a magassági kormányon egy felfelé ható emelőerő létesül, ami a törzs hátsó részét felemeli és az Sz szárnynak az y menetirányra vonatkoztatva negatív hajlásszöget ad, miáltal a repülőgép negatív szög alatti, lefelé irányuló repülésre kényszerül. Ha most a Km magassági kormányt a felfelé mutató nyíl irányába felhajtjuk, úgy az y -nyíl irányával ellentétesen ható szélnyomás folytán a törzs végén lefelé ható szélnyomás keletkezik, mely a törzs végét lebillenti, miáltal a repülőgépet egy, az y repülési irányra pozitív hajlásszögű, tehát felfelé haladó, szög



A csűrők működésének vázlatos ábrázolása.

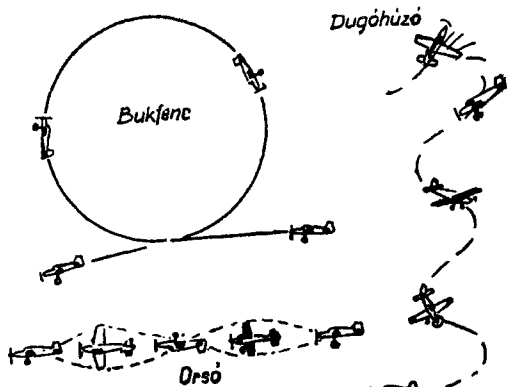
alatti emelkedésű repülésre kényszeríti, más szóval ez esetben a gép magasságot nyer.

Ugyanezen elvek alapján, amennyiben a Ko oldalkormányát jobbra nyomjuk ki, úgy a törzs vége a reá ható légáramlás folytán balra lendül, mi-

által az egész gép jobbra fog fordulni. A Ko oldalkormány balra történő kibillentése esetén a gép balirányú fordulást végez.

A magassági és oldalirányú irányváltoztatásokon kívül a repülőgépnek még egy harmadik irányú kimozdításra is szüksége van. Ez a törzs hosszában átmenő ún. hosszanti tengelye körüli kibillenés, azaz, a jobb- és baloldali szárnyvégeknek — egymásra vonatkoztatva ellentétes irányú — le-, vagy felbillentése. Az ilyen kimozdulást az ún. „csűrő-kormányokkal” végezzük. Az y irányba repülő gép bal- és jobboldali szárnyvégén vannak a C_1 és C_2

csűrőkormányok elrendezve úgy, hogy azok az y menetirányra merőleges tengelyeik körül fel- és lebillenthetők. E bal- és jobboldali csűrőkormányok kibillentése egymáshoz viszonyítva mindig ellentétesen történik. Tehát, ha pl. a balol-



A műrepülés alapfigurái.

dali C_1 csűrőkormányt lebillentjük ugyanakkor a jobboldali C_2 csűrőkormány felbillen, amint ezt a pontozott rajz szerint láthatjuk. Miután az y menetiránnyal ellentétes — i -jelzésű nyíl szerinti — menetszélhatásnak van az egész gép állandóan kitéve, úgy a lebillentett C_1 csűrőkormány a reáható légnyomásnak megfelelően egy felfelé ható emelőerőt létesít, míg a felbillentett C_2 csűrőkormány negatív beállítású hajlásszöge folytán egy lefelé ható légerőt idéz elő. Ennek folytán az egész repülőgép, míg a csűrőkormányok ilyen ellentétesen kibillentett állapota tart, az y nyíliiránynak megfelelő hosszanti tengelye körül jobbra billen, azaz a baloldali szárny fel-, a jobboldali szárnya lebillen. E csűrőkormányok ellentétes kibillentése esetén a repülőgép — hossz-tengelye körül — ellenkezőleg, azaz balra fog kibillenni. E kormányzási irányozást főleg fordulókban, továbbá szélleőkéssek, viharok esetén előálló egyensúlyi zavaroknál alkalmazzuk, nemkülönben műrepülések esetén.

A repülőgép szárnyát (hordfelületét) Sz -szel jelöltük. Láthatjuk, hogy ez éppúgy, mint a papírsárkánynál — az előrehaladás irányára pozitív szögben van elhelyezve. A légsavar forgatása következtében az y -nal jelzett nyíl irányában húzóerő létesül, amely a nyíl irányában az egész szerkezetet kellő sebességgel előrevontatja. Ennek következtében a repülőgép szárnya — éppúgy, mint a papírsárkány felülete — az alsó részén légnyomásnak, a felső részén pedig szívóhatásnak van kitéve. Ezek a hatások az A -val jelzett nyíl irányában függőleges emelőerőt létesítenek, továbbá a szárny kellő méretezése és kialakítása esetén a K_1 és K_2 , illetve a K_m és K_o vezérsíkok és kormányfelületek hatásával együtt az egész repülőgép nyugodt, stabil repülését biztosítják.

A fel- és leszállásnál a talajjal való érintkezést, illetve a talajon való gördülést, kifutást gumiabroncsozású, rugózott kerékpár, a futómű F segíti elő.

A légsavar által előrevontatott egész repülőgéptestre a légsűrűség hátráltató hatást fejt ki. Ezt a repülőgép ellenállásának nevezzük. (A rajzon a W nyíl szemlélteti.) A légsavarnak olyan nagy húzóerőt kell létesítenie, amely azonos az ellenállással.

Mindezekből kitűnik, hogy a kínaiak több ezer éves pa-

pírsárkánya működési elvében voltaképpen azonos a mai korszerű merevszárnyú repülőgép elvével. A lényeges különbség csupán az, hogy amíg a papírsárkányok irányításra, repülés közbeni helyzetváltoztatásra, fel- és leszállásra, jobbra-balra történő kibillentése alkalmatlanok, a sárkány-rendszerű repülőgépek mindezt elvégzik a kormánysszerveik segítségével.

A sárkány-rendszerű gépeket, minthogy szárnyaik a géptörzzsel mereven vannak összeépítve, merevszárnyú gépeknek is nevezzük, megkülönböztetésül a forgószárnyú repülőgépektől, mint amilyenek a szélmalom-rendszerű (autogiró) és emelőcsavaros (helikopter) repülőgépek. De ezekkel majd csak később foglalkozunk részletesen.

BOTORKÁLÓ LÉPÉSEK

Hogyan lett a kínaiak kezdetleges papírsárkányából nagysebességű, korszerű repülőgép? Kövessük most előbb a fejlődés fontosabb állomásait.

A több ezeréves múltra visszatekintő, s a mai merevszárnyú gépeink ősenek tekinthető sárkányokat a kínaiak gyakorlati célokra is alkalmazták. Több nagyméretű sárkányt összekötve, kosarat függesztettek rájuk, s ebbe embert ültettek, aki a magasból figyelte az ellenség mozdulatait, s irányította saját csapatai tevékenységét.

A XV. század második feléből maradt ránk — mint korábban említettük — az emberi szellem egyik legsokoldalúbb lángelméjének, az olasz *Leonardo da Vinci*-nek néhány vázlata, amely emberi erővel hajtott madár-utánzó, csapkodó szárnyú, továbbá emelő-légcsavaros repülőgépet ábrázol. E korszakból egyébként több más primitív repülőszerkezet vázlata is fennmaradt különböző feltalálóktól. Közöttük nem egy zseniális meglátást is találhatunk.

Valamennyi feltaláló emberi erővel képzelte el repülőszerkezetének hajtását. Legtöbbször még kicsinyített modelljeik sem készültek el, vagy csak egyikük-másikuk „repült”. A XIX. században, a gőzgép feltalálása után ezt az erőforrást próbálják hajtóműként alkalmazni. A gőzgépes repülőszerkezetekből is csupán néhány kis modell készült el, anélkül, hogy ténylegesen repülni is tudtak volna velük.

A gépi erővel hajtott repülőgép első felszállását jóval megelőzték a géphajtás nélküli ún. *vitórlázó* repülőgépekkel elért igen figyelemre méltó repülési eredmények. Számunkra ez igen jelentős, mert a világon az első, embert szállító gép-repülés ténye magyar ember nevéhez fűződik.

MAGYAR KUTATÓ AZ ELSŐK KÖZÖTT

Könyvtári kutatók, elsősorban Ács Tivadar munkássága nyomán megállapítható, hogy a camalduli szerzetes rend nyitrai rendházában Cyprian barát, a rend sehorvosa, szabad óráiban repülési kísérletekkel foglalkozott. Repülőgépszerkezetet épített, amellyel több sikeres repülést hajtott végre.

Sőt, mint a „*Hasznos mulatságok*” 1825. évi 34. száma írja a többi között: „Cyprian tett legelőször próbát a Kárpát-hegyeken mesterséges szárnyakkal a levegőbe repülni. Sokkal többre ment ezen próbájában: a szabad levegőben a veres Klastromtól egy jó távol levő Korona nevű hegynek bérceig repült jó magasan. Ezen nevezetes tselekedet nem tsak a Szepességieknek emlékezetében máig is fenn maradt, hanem Bredetzky is elbeszéli az Ő Topographiájában” (*Bredetzky Sámuel: Topographisches Taschenbuch für Ungarn, 1802.*).

A kísérletekről csupán annyi továbbit tudunk, hogy Cyprian barátot felsőbb hatósága az egeket ostromló szándékaiért és ténykedéseieért istenkáromlás miatt perbe fogta, s gépét elégettette. A súlyos büntetéstől azonban megmenekült, mert időközben II. József a szerzetes rendeket feloszlatta, így azt is, amelynek Cyprian tagja volt.

Ennyi írásos emlék alapján nem lehet vitás, hogy Cyprian, aki 1753-ban lépett be a camalduli szerzetesek nyitrai rendházába, a XIX. század elején saját tervezésű és építésű repülőszerkezetével eredményes repüléseket végzett, s ezzel kitörülhetetlenül beírta nevét az emberi kultúra és civilizáció történetébe. Sajnos, későbbi működéséről és repülőszerkezetéről ez ideig nem kerültek adatok napvilágra. Gépe kétségtelenül a vitórlázórepülőgépek családjába sorolható, mert ez időben még a gőzgép sem jöhetett számításba erőforrásként.

Majdnem 100 esztendővel később — 1891-ben — a német Otto Lilienthal követte magatervezte és építette merevszárnyú vitorlázógépével Cyprian példáját, s a Berlin—Steglitz környékén lévő dombokról végzett síklórepüléseket. Gépe vászonnal bevont könnyű farudazat-vázon jobbra-balra egy-egy madárszárnyú hordfelületből és az ezek mögött elhelyezett függőleges vezérsíkból állott. Lilienthal magára kötözte ezt a szerkezetet, majd szél ellen lefutott egy domb tetejéről. Kellő sebesség elérésekor azután a szerkezet a talajt elhagyva előrerepült. Sok ilyen repülést hajtott végre — a legnagyobb berepült távolság 80 m volt —, de 1896-ban lezuhant, s repülőszerkezetének roncsai között fejezte be életét.

Az első, gőzgéppel hajtott, nagyméretű sárkány-rendszerű repülőgépet — több egymás fölötti hordfelülettel — az angol Hiram Maxim építette. Gépe hajtásához csodálatosan könnyű dugattyús gőzgépet épített, amelynek súlya alig érte el a 270 kg-ot. A 2 mm falvastagságú acél-vízcsöves kazán vízzel, tüzelőanyaggal együtt csupán 450 kg-ot nyomott, s 25 légköri gőznyomásnál 300 LE volt a teljesítménye. A repülőgép teljes súlya 3600 kg-ot tett ki. A két légcsavar tolóereje — egyhelyben járattva — elérte a kb. 1000 kg-ot.

A gép hatalmas körpályán, síneken futott. Fölötte, felső vezetékként szintén sinszerkezetet alkalmaztak, amely csak kisebb, méteres magasságban engedte a gépet repülni. Az egyik próbánál azonban a gőzgép a szükségesnél nagyobb sebességgel forgatta a légcsavart, következésképpen a gép ke-rekeivel a felső sínvezetékhez tapadva olyan nagy sebességgel futott, hogy a hordfelületek által létesített túlságosan nagy felhajtóerő a felső sínvezetékét átszakította. A gép a magasba szökkent, s egyensúlyát veszítve lezuhant. Ember nem ült benne. Ez volt a múlt század végén az első nagyméretű, gépüzemű sárkányrepülőgép repülése.

A francia Clement Ader „Denevér” elnevezésű túlságosan rövid gépe valóban utánozta a denevérszárnyakat. A beépített gőzgép 2 db négyágú légcsavart forgatott. 1897-ben lefolytatott kísérletei során csak néhány méteres ugrásokat

tudott végezni, egy alkalommal azonban 70 m-t repült közvetlenül a talaj felett. Ezt a gépet nem lehetett irányítani, és stabilitása sem volt. Egy kísérletnél lezuhant és összetört. Csupán az méltó feljegyzésre róla, hogy a repülőgépben mindig pilóta ült, így ez volt az első géphajtású szerkezet, amely bennülővel hagyta el a talajt.

Nem hagyhatjuk említés nélkül azokat az úttörőket sem, akik a múlt század végén és a XX. század elején végezték kísérleteiket, noha több balsikerrel, mint eredménnyel. Így az amerikai *Langley* professzor az említett időben egymás mögött elrendezett szárnyakkal nagyobb modelleket épített, s ezekkel — természetesen bennülők nélkül — a Potomac-folyó felett végzett 1—2 km-es repüléseket. Hajtóműként először gőzgépet alkalmazott, majd egy 52 LE-s benzinmotort, amelynek csupán 85 kg volt a súlya. Végül is a kísérleteket több géptörés után abbahagyták.

Ugyanebben az időben a szintén amerikai *Chanute* tanár, *Herring* nevű asszisztensével, *Lilienthal* gépét tökéletesítve, olyan gépet épített, amely már magassági és oldalkormányval is rendelkezett. Ezt a gépet tekinthetjük a *Wright-testvérek* gépe elődjének. *Chanute* tehát a Michigan-tó partján több, sikeres, de rövid siklórepülést végzett.

Meg kell említenünk az osztrák *Wilhelm Kress*-t is, aki a *Langley* professzoréhoz hasonló gépére futókerekek vagy szántalbak helyett úszótesteket szerelt. Így ez tekinthető az első vízirepülőgépnek. A *Daimler-gyár* által szállított benzinmotor súlya azonban 24 LE teljesítmény mellett 900 kg-ot nyomott. Gépe nem jutott el a felemelkedésig, mert egy kényszerű gyors fordulat alkalmával összetört és elmerült. Magát *Kress*t is alig tudták kimenteni.

A legnagyobb probléma ebben az időben a motor. Motor-gondokkal küzd a német *Karl Jatho* is. Végre hozzájut egy francia *Buchet*-motorhoz, amely 12 LE-t teljesít és 64 kg a súlya. A gép *Jatho*val a kormánynál több kisebb, egyméteres magasságú ugrást végez, végül 1903 novemberében 2—3 m-es magasságban kb. 60 m távolságra „ugrik”. Kellő motor hiányában azonban a kísérletek abbamaradnak.

Megfelelő motor hiányában az angol *Pilcher* hosszú vontatókötéllel vágató lovához köti gépét, s így végez kisebb

siklórepüléseket. Kísérletei azonban tragikus fordulattal érnek véget, a gép lezuhan, s Pilcher szörnyethal.

Még a XIX. század 80-as éveiben — Hiram Maxim előtt — kezdte el repülőkísérleteit Aradon a magyar Némethy Emil. Saját elmélete alapján a múlt század végén és az 1900-as évek elején több gépet épített. Elméletét több tudományos munkában is ismertette, ezek külföldön, német nyelven jelentek meg. Igen érdekes elmélete körül nemzetközi szakkörökben élénk vita alakult ki.

Már az első gépén alkalmazott csűrőkormányt, így a magyar Némethy a csűrőkormány feltalálója. Ugyancsak ő volt az első, aki fordulatszámcsökkentő áttételezéssel alacsony fordulátú légcsavart használt. De az övé az elsőség a varrat nélküli precíziós, összehegesztett acélcső-repülőszerkezet alkalmazásában is.

Némethy légáramlástani elveit 1912-ben a román Aurel Vlaicu ültette át a gyakorlatba, aki a Némethy-elmélet alapján épített gépével az osztrák asperni nemzetközi repülőversenyen több értékes díjat nyert. Ezenkívül számos városok közötti távrepülést is végzett.

AZ ELSŐ IGAZI REPÜLÉS

A XX. század elején Amerikában a két *Wright-testvér* — Wilbur és Orville Wright — saját tervezésű és építésű, motor nélküli, kétfedelű repülőgépükkel több ezer vitorlázórepülést végeztek, szóval először is ésszerűen megtanultak repülni, s utána beépítettek repülőgépükbe egy 12 LE teljesítményű 110 kg súlyú benzinmotort, amely kerékláncátte-tellel, csökkentett fordulattal két nagyobb légcsavart hajtott.

1903. december 17-én az Egyesült Államok-beli Kitty-Hawk-ban Orville Wright 260 m távú repülést végez, s ezt aznap az idősebb Wilburrel együtt felváltva, géptörés nélkül, többször megismétlik. Ez volt a világon az első emberi gép-repülés, amelyet motorhajtású, légcsavaros, sárkány-rend-szerű (merevszárnyú) repülőgéppel tervszerűen végeztek. A Wright-testvéreket kell tehát a ma is alkalmazott merev-szárnyú repülőgép feltalálójának tekintenünk.

1904 augusztusában mindketten együtt repültek gépük-
kel. Ez az első utasrepülés! 1905. október 5-én már távrepü-

lést hajtának végre, 38 perc és 3 mp alatt 38,9 km-t repülnek be, ami 61,3 km-es óránkénti sebességnek felel meg.

A Wrighték repüléseit követő időben a franciák is jelentős úttörő munkásságot végeznek. Ők is rájöttek arra, hogy előbb meg kell tanulni repülni, repülőgépet vezetni. Wrighték toronyszerű építményből, fasínú startpályáról, le- és nehezekkel elindítva végezték repülőgyakorlataikat, a franciák pedig motornélküli vitorlázógépeiket — csónaktesttel ellátva — a Szajrán vontatták gyorsjáratú motorcsónakokkal. Belátták, hogy a kis súlyú motor alkalmazása a gép-repülésben döntő fontosságú. Kezdeti repülőkísérleteikkel egy időben megkezdték az akkori autómotorok átépítését és súlyuk csökkentését is.

AZ ELSŐ REPÜLÉS A TENGER FELETT

Így fejlődtek ki az *Anzani*, *Antoinette*, *Darraque* és más típusú repülőgépmotorok, amelyek csak néha-néha tudtak fél óráig egyhuzamban működni. A repülés hőskorának óriási eseménye volt a francia *Louis Blériot* bravúrja, aki 1909. július 25-én 25 LE-es, 3 hengeres, léghűtéses Anzani-motorral felszerelt egyfedelű repülőgépével Calais—Dover között a La Manche-csatornán keresztül Franciaországból Angliába repült át.

A Wright-testvérek korábbi, rendszeres munkával elért eredményei nem hatottak olyan serkentőleg a repülés további fejlődésére, mint Blériot e szenzációs repülése.

Ezt követően a nagy világvárosokban — így 1910-ben Budapesten is — rendszeres nagy nemzetközi repülőversenyeket rendeznek. A nagy vetélkedés, s nem utolsósorban a kifizűzött magas díjak érthetően elősegítették a repülőgépek és repülőmotorok további fejlődését.

A repülés terén elért első külföldi sikerek hírére Magyarországon úgyszólván teljes közönnel fogadták. Néhány lelkes ember akadt csupán, aki mindjárt gyakorlati úton kezdte a géprepüléssel foglalkozni. Az első értékes lépéseket Horváth Ernő tanár tette meg. Csakhamar megalakult a „rákosi repülő” gárdája, amely minden támogatás nélkül, teljesen magára hagyva, csupán műszaki tudására, kez ügyességére és főleg elszánt akaratra alapozva kezdte meg a mun-

kát. A tragikus körülmények között elhunyt Zsélyi Aladár egyfedelű gépe minden részletében a kis ellenállású repülőgép előhírnöke volt. Zsélyi egyik gépe 1914-ben 170 km/ó sebességet ért el, amikor a korabeli külföldi repülőgépek legjobb teljesítménye 100 km/ó körül mozgott. Számos értékes ötlettel gazdagította a magyar repülőtechnikát Székely Mihály. A Tóth-fivérek favázás, furnírborítású gépe volt az alapja annak a merőben új építési módnak, amelyet a külföld is átvett és amelynek kikristályosodott formáját később a világhírű Fokker-gyár alkalmazta.

A fejlődésnek az 1914-ben kitört első világháború adott újabb, hatalmas lendületet. Felismerték ugyanis, hogy a géprepülésnek nagy jelentősége van a hadviselésben is. Ennek következményeként a háború alatt megindult a repülőgépek nagyszabású fejlesztése. Ebben az időben fejlődtek naggyá a francia, angol, amerikai és német aerodinamikai kutatólaboratóriumok, a mai modern repülőgépek kifejlesztésének nélkülözhetetlen, alapvető tényezői. A nagyszabású tudományos felkészülés adta meg a lehetőséget arra, hogy a géprepülés óriási léptekkel haladjon előre.

Az első világháború befejezte után a magyar repülőgépipar más gyártási ágakra tért át, egész repülőgépállományunkat pedig meg kellett semmisíteni. A békeszerződés megtiltotta, illetve erősen korlátozta a motoros repülést. Ekkor alakult meg a Műegyetemi Sportrepülők Egyesülete, amely elsősorban a vitorlázórepülést karolta fel. Rotter Lajos minden vonatkozásban eredeti vitorlázógépei nemcsak országos, hanem nemzetközi viszonylatban is kiváló eredményeket értek el. Samu Béla, Szegedi József és Rubik Ernő konstrukciói mind aerodinamikai, mind gyártástechnikai szempontból szintén tökéletes megoldásokat jelentettek és bizonyosságot tettek arról, hogy a nemzetek versengésében az első között járunk.

Éppen a békeszerződés korlátozásai következtében fejlődött ki hazánkban a rendkívül kis teljesítményű motorral való repülés. Ezen a téren Lampich Árpád repülőgéptervező végzett kiváló munkát. E gépekhez Thoroczky Péter 10–12 LE-s törpemotorjai világviszonylatban is az elsők között állottak.

A szakemberek rájöttek arra, hogy a repülőgépek további fejlesztéséhez olyan lehetőségeket kell teremteni, amelyek során a repülésközbeni állapotot állítják elő, s közben a vizsgált alkatrészt megfigyelhetik, valamint az elért eredményeket, erőhatásokat rögzíthetik. E célok elérése a *szélcsatornák* révén vált lehetővé. Ezekben a csatorna-rendszerekben különféle sebességű légáramlást, szelet létesítenek, a vizsgált alkatrészt a légáramlásba helyezik, s az alkatrész által létesített erőhatásokat leolvassák, illetve rögzítik.

A mindennemű, repülőgépek, vagy azok alkotórészeire vonatkozó kutató-, fejlesztési munkát kezdetben azok nagyméretű, eredeti nagyságú példányaival vitték keresztül. Ez azonban igen költséges volt és amellett hosszadalmas. Egy-egy új repülőgép megépítése, vagy csak átalakítása, kijavítása sok költséget és minden esetben hosszabb időt vett igénybe. Ezenkívül még repülés közbeni teljesítmény, repülési tulajdonságát, jelenség megváltozását, javulását, rosszabbodását, felléptét — alig 1—2 kivétellel — csak az emberi érzékszervekkel lehetett (ha ugyan lehetett) és akkor is csak nagyjából megállapítani, észlelni. Megbízható, pontos számszerűségek megállapításáról szó sem lehetett. Csak a földközeli vízszintes és az emelkedési sebesség, továbbá az emelkedési csúcs mérése volt számszerűleg rögzíthető. Az ezekhez szükséges egyszerű műszerek, éspedig a sebességmérésekhez az óra (stopperóra) és a magasság megállapításához a légnyomásmérő (barográf) már rendelkezésre állt. A gyakorlat mutatott rá, hogy a rendszeres, komoly kutató-fejlesztés megbízható, pontos mérési számszerűségek nélkül nem végezhető. Így — szükségszerűen — létesültek egyes országokban az aerodinamikai laboratóriumok és az ezek lényegét képező szélcsatornák. Ezekben tetszés szerinti sebességű és időtartamú légáramlást lehetett létesíteni. E sebesség maximuma attól függött, hogy az azt előállító ventillátort (légcsavart) egy vagy több forgató elektromotor mily teljesítményű a szélcsatorna nagyságához viszonyítva. Azidőben csupán 10—20—30 LE-s motorokat alkalmaztak és a vizsgálandó modellek 0,5—1,00 m-nél nagyobb átmérőjűek nem lehettek és a létesíthető légáramlás, szél sebessége is csak 20—30 m/mp

volt. Ma már oly szélcsatornák állanak a kutatás rendelkezésére, melyekben teljes nagyságú, tekintélyes méretű repülőgépeket vizsgálhatnak 100—200 m/mp szélsősebesség mellett. Vagy pedig kis átmérőjű szélcsatornák, melyekben a kb. 340 m/mp hangsebességnél, az ún. „hanggát”-nál lényegesen nagyobb szélsősebességet állítanak elő, sőt annak többszörösét!

A szélcsatornák nyújtotta mindennemű vizsgálati, mérési lehetőségekkel e munka kis terjedelme folytán nem tudunk foglalkozni s így csak annak megemlítésére szorítkozunk, hogy ebben a vizsgálat tárgyát képező repülőgép, vagy pl. repülőgép-szárny, hordfelületének a reáható különféle légáramlások folytán keletkezett légellenállását és felhajtó-, emelő-erejét mérik és ezek számszerűségeit automaták írják fel, rögzítik. De nemcsak ezeket, hanem sok egyéb, itt fel nem sorolható géprészek, alkotóelemek, szerkezeteknek a légáramlás által életrehívott sokféle erőit, hatásait, jelenségeit vizsgálják.

A vizsgált kisméretű modellek így kapott számszerű eredményeit azután az építeni szándékolt nagyméretű gépekre számítják át. Minél nagyobb a modell, annál pontosabban és megbízhatóbban lehet az átszámítást végezni.

A szélcsatorna legfontosabb követelménye, hogy a benne mesterségesen létesített légáramlás a mérőtérben, ahol a vizsgálandó darab nyer elhelyezést, mindenütt, minden pontjában a lehető legtökéletesebben azonos sebességű legyen. Ugyanilyen fontosságú, hogy ugyancsak a mérőtér minden pontjában a légáramlás iránya a legprecízebben egyforma legyen; más szóval: a légnyomás-elosztás a mérőtér minden pontjában teljesen egyforma legyen. Ennek betartásával ki van küszöbölve a legkisebb turbulancia, légörvénylés. Így az az érdekes eset áll fenn, hogy a szélcsatornában, helyesebben annak mérőterében oly ideális, egyenletes, a legkisebb irányváltozás nélküli légáramlás létesül, amilyen a valóságban, a természetben soha, sehol nem található.

Ma már olyan szélcsatornák állnak a tudományos kutatás rendelkezésére, melyekben elő lehet állítani a különféle, pl. 15—20 000 m, vagy még nagyobb magasságok légviszonyait, az ott uralkodó légritkaságot, hőmérsékletet, nedvességet és ebben is vizsgálják az érdekelt tárgy — repülőgép, hordfelület, külön motorral forgatott légcsavar, hajtóművek stb.

erő-, teljesítmény- stb. eredményeit, sajátosságait, jelenségeit.

Az első szélcsatornák, aerodinamikai laboratóriumok még a géprepülés hőskorában, a XX. század első éveiben létesültek, és pedig Orosz-, Francia-, Németországban, Amerikában és Angliában. A helikopterfejlesztés szempontjából az orosz, Moszkvától körülbelül 18 km távolban fekvő Kucsinói Aerodinamikai Intézetet kell külön megemlítenünk, mely 1904-ben létesült. Ez volt az első ilyenmű tudományos intézet, mely alapításakor felállított programjában a helikopterrendszerű gépekre vonatkozó kutatást is felvette. Ez volt az első tudományos hely, mely az autorotációs effektust, mint aerodinamikai jelenséget felfedte. Ugyancsak az első volt, mely légsavarokra vonatkozó kutatómunkával foglalkozott, s mely kimondottan ilyenre berendezkedett. Miután e laboratórium munkáival csak magasabb, tudományos színvonalon lehetne foglalkozni, úgy azok ismertetésétől e helyütt el kell tekintenünk. Külön megemlítendő, hogy az intézet tervezője, megalkotója és szellemi irányítója, de egyben gyakorlati munkatársa is a világhírű tudós, N. E. Zsukovszkij professzor, az „Orosz Repülés Atyja” volt.

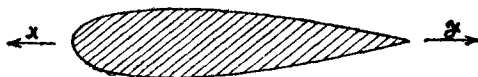
Amikor az első szélcsatornák — így az orosz kucsinói és a párizsi — megépültek, elsősorban is a különféle testek, alakzatok vizsgálatát kezdték meg, és pedig, hogy ezek a légáramlás folytán miképpen viselkednek, milyen légerőket létesítenek.

MEGDÖBBENTŐ JELENSÉGEK

Az ilyen aerodinamikai vizsgálatok első szakaszában nem egyszer megdöbbentő jelenségeket észleltek. Ezek közül elsősorban is az aerodinamika egy olyan jelenségeire kell kitérnünk, amely mindenki előtt, ki e tárgykörrel nem foglalkozott, még ma is érthetetlennek látszik. Ha megkérdezzük valakit, aki előtt a téma ismeretlen, s csak a józan eszével gondolkozik, hogy az ábránkon feltüntetett keresztmetszetű (profilú) test mely esetben halad könnyebben előre a levegőben: ha az x vagy az y nyíl irányában repítjük előre, feltétlenül azt a választ kapjuk, hogy az y irányú előrehaladás nyújtja a kisebb ellenállást, mert hiszen ebben az esetben a test a hegyesebb részével, tehát „könnyebben fúrja bele

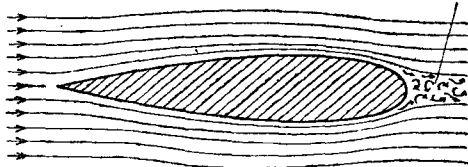
magát a levegőbe".

Ez lenne a józan ész kritikai következtetése. Sajnos, az aerodinamika ebben az esetben is, mint sok másban, teljesen illogikus és nem hallgat a józan észre. Következő ábránk egy



Melyik irányban haladva kelt ez a test kisebb légellenállást?

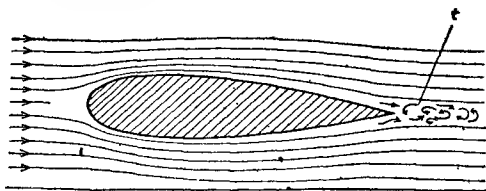
ilyen ún. áramvonal alakú test körül a levegő áramlását tünteti fel, midőn az a „józan” ész szerint a hegyes részével halad előre, illetve ha ennek a hegyes részére történik a levegő beáramlása, vagy — helyes műszaki kifejezéssel élve — a „megfúvása”, melynek irányát a kis nyilak jelzik. Másik ábránk azt az esetet tünteti fel, mikor a megfúvás a test tompa végére történik. Ha rápillantunk a két ábrán a levegő viselkedésére, illetve az áramlását jelző vonalakra, úgy azonnal szembetűnik, hogy a hegyes véggel



A hegyes végével előrehaladó test mögött erős légellenállást okozó gomolygás (turbulencia) keletkezik.

előrehaladó test hátul levő tompa része mögött igen erős légörvénylesek keletkeznek, míg a tompa végével előre elrendezett test mögötti légörvényletés, amit az ábrákon t-vel jeleztünk, csak egy töredéke az előb-

binek. Miután az aerodinamikában, mindig a légörvénylesek nagysága határozza meg az illető test légellenállását, úgy ebből kitűnik, hogy tompa végével előrehaladó ilyen áramvonal alakú test lényegesen kisebb ellenállást nyújt, mint a csúcsával előrehaladó. A laboratóriumi mérések igazolják, hogy a hegyes vé-

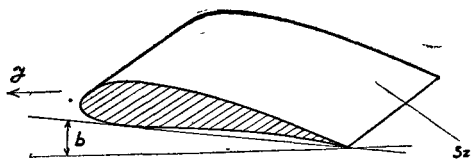


A legömbölyített végével előrehaladó test mögött a gomolygás (turbulencia) nem olyan nagy mértékű és ezért a test légellenállása is kisebb.

gén megfúvott ábra szerinti test légellenállása körülbelül négyszer nagyobb, mint a tompa végén megfúvotté. (A test mögötti légörvénylés terét a tudományos világ, annak felfedezőjéről és törvényszerűségeinek megállapítójáról „Kármán-út”-nak nevezte el.)

Az ilyen „rendellenesség” szinte állandó jelensége az aerodinamikának, amely a kutató fejlesztési munkájánál sok kemény diót nyújt.

Következő ábránk egy repülőgépszárnyrészt tüntet fel, amely a hordfelületekből ki van metszve. Sz a szárnyrészt jelenti, és e szárnydarab keresztmetszetét, y a repülés irányát



A szárny keresztmetszete

és b a repülés irányára, illetve a vízszintes irányra, a szárny állása folytan alkotott pozitív hajlásszöget. Ha egy ilyen profilozott szárnyat a repülési irányra különféle

pozitív hajlásszöggel rendezünk el, akkor különféle lesz az előző ábrák szerint szemléltetett A emelő-, vagy felhajtóerő és a W ellenállás. Egy bizonyos hajlásszögön túl a felhajtóerő erősen kezd csökkenni és ezzel szemben az ellenállás rohamosan növekszik. A legjobb eset tehát, amidőn a legnagyobb felhajtóerőt és a legkisebb ellenállást érjük el, ami a szárnyprofil (szárnykeresztmetszet) alakja kiképzésétől függően kis, pár fokos hajlásszögnél következik be. A szárny felhajtóerejének a viszonyát az ellenálláshoz „siklószám”-nak nevezzük. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy ha pl. egy szárny siklószáma 20, úgy, amennyiben e szárny négyzetméterenként 100 kg felhajtóerőt létesít, emellett e szárnyrész ellenállása csak 5 kg-ot teszi ki. (Ma már vannak szárnykiképzések, melyek siklószáma 50-et is kitesz.) Csakis a legkedvezőbb siklószámmal rendelkező szárny alkalmazása esetén lehet nagy repülési sebességeket és egyéb eredményeket elérni. Ez egészen természetes is, mert ez esetben igen nagy specifikus, azaz területegységenkénti (pl. négyzetméterenkénti) felhajtóerőt és egész kis légellenállást, tehát kisméretű és kisműlyű szárnyat tudunk alkalmazni. Az így felszerelt repülőgép nagysebességű vontatásához, repültetéséhez kis légszavarhúzóerő és motor-

teljesítmény szükséges. Hogy a mai korszerű légszűrő repülőgépekkel a 7—800 km-es repülési sebességeket lehetett elérni, ezt nagyrészt a tökély legmagasabb fokára kifejlesztett, rendkívül kedvező siklószámú szárny-rendszernek köszönhetjük. A kezdeti 20—30 kg/m² szárnyterhelési, illetve felhajtóerővel szemben a mai szárnyak négyzetméterenként 400—500 kg, sőt több felhajtóerőt létesítenek. Az ilyenek kifejlesztéséhez azonban egészen különleges laboratóriumi berendezkedésre, szélcsatornákra volt szükség, mert ezek hiányával, pusztán feltalálói tevékenységgel, avagy elméleti, matematikai levezetésekkel, elképzelésekkel, ilyen kiváló szárny-rendszereket alkotni nem lehetett. Az ilyenekhez évtizedekig tartó türelmes „apró-munka”, próbálgatások, kísérletek, szélcsatornamérések javítgatások hosszú-hosszú sorozatára volt szükség.

Hogy e tekintetben a sárkány-repülőgép tüneményes karrierjének néhány évtizede alatt milyen fejlődésen ment át, annak feltüntetéseire egy durva számpéldát említek. Ha a 900-as évek valamelyik kezdetleges repülőgépével a mai sebességi rekordot akarnánk elérni, ha ez egyéb, pl. szilárdsági okokból egyáltalán gyakorlatilag kivihető lenne, akkor egy ilyen gépbe — mondjuk — 10 000 lóerős motort kellene beépítenünk, holott egy ugyanilyen nagyságú, de korszerű, kedvező siklószámmal bíró gépnél e sebességet pl. 1000 lóerővel elérhetjük.

A legnagyobb felhajtóerő és egyben a legkisebb légellenállás létesülése nem kizárólag a szárnyprofil kialakításától függ. Ebben jelentős szerepe van a szárnynak a vízszintes repülés síkjára beállított hajlásszögnek, továbbá az ún. szélesség-viszonyszámnak is. Ez a szárny fesztávjának — szélességének — a szárnymélységhez viszonyított aránya. Pl. 20 m fesztáv és 2 m szárnymélységnél a viszonzszám 10:1.

E szélesség-viszonyszám értéke már csökkenő irányú a nagysebességű — a hangsebességnél és azon felül repülő — gépeknél, pl. a delta-gépeknél, amint e nagysebességű gépeknél sok, eddig elismert más törvényszerűség is megváltozott. (Pl. a hangsebességen aluli gépeknél alkalmazott szárnykeresztmetszet kialakítása.) Eddig törvényszerű volt olyan profilok megalkotása, amelyeknél a profilok mellő, 1/3—1/5 részében volt a legnagyobb vastagság. A nagysebességű gépeknél ezzel szemben a szárnykeresztmetszet közepe táján, sőt

amögött a legelőnyösebb a legnagyobb vastagság, emellett lényeges a legkisebb vastagságú profil alkalmazása.

Az első világháború után a szélcsatorna-vizsgálatok technikája és lehetőségei hatalmas tempóval fejlődtek. Mindig több és több vizsgálati, mérési lehetőség bontakozott ki úgy, hogy azok eredményei a gyakorlatban megbízhatóan átültethetők lettek. Rövidesen már egész repülőgépmodellek vizsgálata is lehetővé vált. A mindig nagyobb és igényesebb kívánalmaknak megfelelően a mérési eszközök, műszerek és az átszámítási metódusok is folyton javultak. Egy lépték szerint pontosan megépített kis repülőgépmodell szélcsatorna-mérési eredményeit mindig nagyobb és nagyobb biztonsággal lehetett az élethű 1:1 léptékű eredeti gép teljesítményeire, eredményeire átszámítani. Egy kiszámított és megtervezett gépet nem építettek meg előbb, mintsem annak kicsinyített léptékhű modelljét a szélcsatornában meg nem vizsgálták volna. Ha azután látták, hogy a megépítendő gép a számításoknak megfelelő légellenállást adja, melynek legyőzéséhez az elérni kívánt sebességhez a szintén kalkulált motor-teljesítmény és légszárhúzóerő elegendő, csak akkor kezdték a gép építéséhez. Addig, az ilyen szélcsatorna-eredmények adta garancia híján megépítették az egész repülőgépet és csak annak berepülési kísérleteinél tűnt ki, hogy a gépteljesítményeket, mint kitűzött célt, esetleg nem érték el. Így a gépépítés tekintélyes befektetése elveszett. Az aránylag olcsó szélcsatorna-vizsgálatok az ilyen „sötétbe ugrástól”, pénzkidobástól a gyárat, intézményt megkímélték.

És még száz és száz egyéb lehetőséget nyújtott az ilyen előzetes, kisköltségű szélcsatorna-vizsgálat s eredményeként a géprepülés fejlődése meggyorsult.

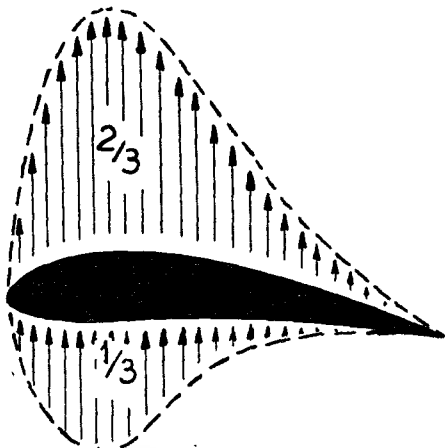
LÉGÁRAMLÁS A SZÁRNY KÖRÜL

De térjünk vissza a repülőgép alkatrészeinek és azok funkcióinak vizsgálatához.

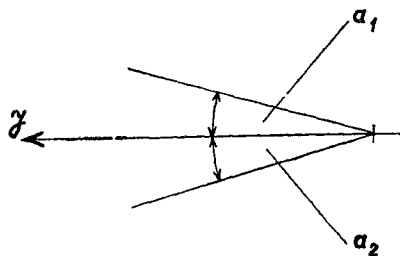
Egy további ábra szerinti szárnyprofil körüli légáramlás lényegileg azonos az előző két ábrával. Mint az ábrán is látható, a szárny felső felületén szívó- és az alsó felületén nyomóhatás keletkezik. Laboratóriumi mérések igazolják (íme, ismét egy „illogikus jelenség”), hogy a szárny felhajtóerejének túlnyomó része, sőt többszöröse a szívóhatás által keletkezik és az össz-felhajtóerőnek csupán egy töredékét

szolgáltatja a nyomóhatás, azaz a légnyomás. Ezt a felhajtóerőmegoszlást külön rajzon tüntetjük fel.

Miután többször lesz még dolgunk a „pozitív” és „negatív” hajlásszög kifejezéssel, tisztázzuk röviden ennek fogalmát. Ezt rajzban mutatjuk be, ahol az y a repülés, illetve az előrehaladás irányát jelzi. Ezen irányvonalat 0° -nak nevezzük. E 0° -ra ráfekvő, tehát menetirányra és pedig a 0° -ot jelző vonal fölötti nyitott elrendezést, amit 1-el jelezünk, pozitív hajlásszögnek, a 0° alatt, a menetirány alatti nyitott elrendezést negatív hajlásszögnek nevezzük, amit az ábrán 2-vel jelöltünk.



A megfelelő sebességgel a levegőben mozgó szárny felhajtóerőt termel. A szárny felett a levegő gyorsabban áramlik, tehát ritkul és így szívás keletkezik. A szárny alatt a levegő lassabban áramlik, nyomása nő és így felfelé ható nyomás keletkezik. A felhajtóerő $\frac{2}{3}$ -át a szívás, $\frac{1}{3}$ -át a nyomás szolgáltatja.



Különböző hajlásszögek:

α_1 pozitív, α_2 negatív hajlásszögek.

Tehát a géprepülés lényegét képező felhajtóerő létesítését a szárny, a hordfelület végzi, amennyiben az kellő sebességgel előrehalad. A sebesség létesítéséhez célszerű hajtóművet alkalmaznunk. Olyat, mely üzemi megbízhatósága mellett könnyű és kisterjedelmű.

Mindezen fő- és még sok-sok itt nem említett alkotóelemeket össze kell építenünk, és pedig úgy, hogy az egész gép a legkisebb légellenállást adja. A repülőgép fejlődésének folyamán kialakult a hosszúkás („szivaralakú”) törzs. Ehhez

vannak a hordfelületek, futómű, kormányfelületek építve és ebben nyer elhelyezést a motor, az üzemanyagtartályok (vagy a szárnyakban), műszerek, pilóta, utasok, csomagok, áru. A futóművet a szárny alsó, nyomási oldalára építik, a törzstől jobbra és balra, hogy a földről való felemelkedést követőleg gépi erővel a szárnyba bevonható legyen, mert így a gép ellenállása — a futómű besüllyesztése folytán — csökken. A többmotoros gépnél a motorok szintén a szárnyban — és pedig előnyösen annak mellső részén, de nem egy esetben annak hátsó részén, sőt szükség szerint mind a mellső, mind a hátsó részén — kerülnek beépítésre.

A törzset az aerodinamika kialakult klasszikus törvényeinek megfelelően úgy képezzük ki, hogy az a minimális légellenállást létesítse, tehát — köznyelven szólva — hosszú „szivaralakúra” képezzük, amidőn is — a fentírt elvek alapján — a törzs tompa vége előre és a hegyes vége hátra kerül.

A hordfelület ellenállását hasznos ellenállásnak is nevezhetjük, mert az általa létesített ellenállás folytán jön létre a hasznos felhajtóerő. Minden más — törzs, futómű stb. — okozta ellenállást viszont károsnak nevezhetünk.

ÚJ GÉPSZERKEZETI ANYAGOK

Ezzel párhuzamosan fejlődött a szárnyak és az egész gép szilárdságtani vonatkozású problémáinak megoldása is. Ezt az is siettette, hogy a repülés fejlődésével a gépek egyre bonyolultabb és változó terheléseknek voltak kitéve.

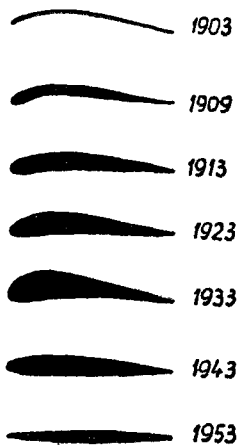
Az első repülőgépeket kizárólag fából — főként fenyő-, kőris-, dió-, mahagóni- stb. fából — építették, sok vasalással, szegeléssel és szegecseléssel, csavarozással, továbbá enyvezéssel. A kimerevítéshez acélhuzalokat és acélsodronyokat használtak csavarfeszítőkkel. A szárnyakat, a törzset, a kormány-síkokat vászonnal burkolták. A rozsdamentesítéshez főként zaponlakkot, a faalkatrészeknek a nedvességtől való szigetelésére, továbbá a vászonburkolat kifeszítésére cellon-lakkot használtak. A légsavarok kivétel nélkül fából (mahagóniból, dióból, kőrisből) készültek.

Az első világháború alatt kezdték meg a precíziós, húzott, varrat nélküli, összehegesztett acélcsövek alkalmazását,

majd a háború után kezdett mind jobban tért hódítani a könnyűfémek felhasználása. A német *Junkers*-gépek voltak az elsők, amelyek — a futóműnél alkalmazott acélszerkezetek kivételével — teljes egészében duralumíniumból készültek.

Junkers tanár azonban nemcsak a fémépítést valósította meg elsőnek a repülőgépgyártásban, hanem az építés módjával is új irányt szabott a fejlődésnek. A korábbi gépek valószínűleg repülő „drótakadályok” voltak, melyeknek külső merevítő dúcai és huzalai óriási légellenállást okozva, a motorteljesítmény jelentékeny részét emésztették fel. Junkers vastagabb szárnyprofilokat alkalmazott. Ezek ellenállása nagyobb volt ugyan, mint a vékonyé, de ezzel szemben feleslegessé váltak a külső merevítések, ami lényegesen nagyobb légellenálláscsökkenést jelentett, mint a vastag profil-ellenállás növekedése. A főtartós szárny belseje szegecselt rácsstartó szerkezetként volt kiképezve és ez hordta az egész repülő súlyt. További nagy előnye volt a megoldásnak, hogy ennél nem volt szükség az eddigi merevítő dúcok és huzalok állandó ellenőrzésére és utánfeszítésére. Az ilyen szerkezet ellenállt az időjárás viszontagságainak is. Az első ilyen konstrukciókat duralumínium hullámlemez borították, amelyek részt vettek a teherviselésben. Ezek voltak az első „szabadonhordó-szárnnyú” gépek, a mai sárkányépítés előhírnökei.

A hullámlemez utóbb kiszorította a teljesen sima fémlemezborítás, melyet a nagysebességű gépeknél tükrösimára csiszolnak. Az eddig alkalmazott rácsszerkezetet pedig felváltotta a héj-szerkezet, melynél keretek biztosítják a borítás merevségét és alaktartását.



A szárnykeresztmetszetek (profilok) fejlődése 50 év alatt. A kezdetben alkalmazott vékony szárny egyre vastagodott, mert a merevítések a szárny belsejébe kerültek. Azonos körülmények között a vastag szárny több felhajtóerőt termel. A nagysebességű repülésnél viszont a laposabb profil mutatkozik előnyösebbnek.

A korszerű gépeket már csak duralumíniumból, acélból s újabban magnézium-, valamint titán-ötvözetekből építik. Ebben a tekintetben csupán a helikopterek a kivételek. Többségüknél ugyanis az egyes szárnyak szerkezeti anyaga főként fa, mert ez jobban bírja el az itt fellépő bonyolult változó terhelés következményeit.

Legújabbban a repülőgépgyártásban üvegszállal vagy azbesztfonattal megerősített műgyantákat is használnak. Alkalmazásuknak az a legnagyobb előnye, hogy bonyolult alkatrészek is egy-két darabból készíthetők. A műanyagból öntött nagyobb szerkezeti elemek azonkívül könnyebbek a fémből épülteknél és sokkal kevésbé munkaigényesek. Ezek a műanyagok kitűnő hőszigetelők és jól ellenállnak a különböző vegyi hatásoknak.

Egészen új lehetőségek adódnak a repülőgépipítésben a legújabb eljárás szerint vákuumban előállított ötvözetek alkalmazásával. Ezek húzási és szakítási szilárdsága, de ugyanakkor rugalmassága is, többszöröse az eddigi módszerekkel előállított ötvözeteknek. A nemesített króm-molibdén-ötvözet szakítási szilárdsága 140 kg/mm^2 , míg a levegő elemeivel nem szennyezett tiszta vasé több ezer kg/mm^2 . A levegő elemeivel nem szennyezett ötvözetekből készült hajtóműalkatrészek élettartama is sokkal nagyobb, mint a levegő jelenlétében előállított szerkezeti elemeké. Ugyancsak új lehetőségeket tár fel a fémek és a kerámiai anyagok összeházasításából keletkező „kermet” nevű anyag.

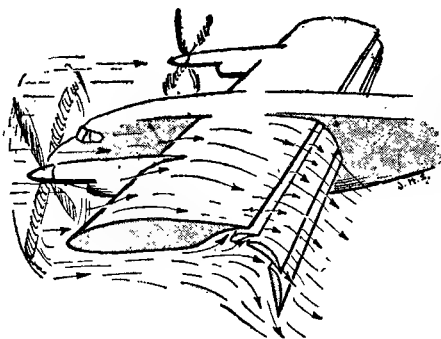
Az eddigieknél hőállóbb ötvözetekre annál nagyobb szükség van, mert a vegyészeti gyárak újabban olyan folyékony tüzelőanyagokat állítanak elő, amelyek hőfejlesztőképessége messze felülmúlja a szénhidrogén-vegyületekét (benzin, gázolaj, kerozén stb.). A „diborán”-nak nevezett tüzelőanyag kilogrammja 17 400 nagykalóriát, a „pentaborán” pedig 16 100 nagykalóriát fejleszt. A legjobb repülőbenzin kilogrammjának kalóriaértéke 11 000. Az új tüzelőanyagokkal a sugárhajtóművek tolóereje körülbelül egy harmaddal nő és csaknem ugyanilyen arányban fokozódik a repülés sebessége is. Azonos súlyú tüzelőanyaggal a gép nagyobb távolságokra repülhet. A bórvegyületek, nagy magasságokban, amelyekben a szénhidrogén-vegyületek az oxigénhiány miatt csak nehezen, vagy egyáltalán nem gyulladnak meg, folyamatos égést biztosítanak.

Az első világháború alatt mindkét háborús félnél a könnyű vadászgépekkel elért legnagyobb sebesség kb. 200 km/ó volt. A világháború befejezése után a kereskedelmi repülésben az egész világon elkezdődő versengés a repülési sebességeket szinte ugrásszerűen növelte. Ez szükségszerűen növelte a gépek leszállási, kifutási sebességét, valamint a kifutás hosszát is.

Minél nagyobb a gép leszállási sebessége, annál nagyobb a géptörés veszélye is. Minél nagyobb a kifutás hossza, annál hosszabb, sima, mesterséges gurulópályára, s így annál nagyobb repülőtérre van szükség. A nagy repülőterek építése viszont igen sokba kerül, ami drágította a kereskedelmi repülést.

Az 1920-as évek elején az angol *Handley—Page* repülőgépgyár új szárnyrendszert kísérletezett ki, az ún. *réselt szárnyat*. Ennek az új szárnyrendszernek az volt a lényege, hogy a szárny mellső része zsaluszerűen kinyitható, s ilyen állapotban egy-egy ilyen kis mélységű, nagy fesztávolságú szárny külön-külön szárnyként működve, lényegesen növeli a felhajtóerőt, de egyben a légellenállást is. Ha azután a szárny rései nyitva voltak, a gép tekintélyesen kisebb sebességgel tudott süllyedésmentesen repülni. Ezzel megoldódott a kisebb sebességű fel- és leszállás problémája.

A *Handley—Page* féle *réselt szárnyrendszer* azonban nem volt sem egyszerűnek, sem olcsónak mondható. Ezért a megoldás továbbfejlesztésével mások is kezdtek foglalkozni. Így születtek meg a „féklapok”, amelyek ugyanolyan hatást létesítenek, mint a *réselt szárnyak*. Lényegében olyan, szintén kismélységű, nagy fesztávolságú, a szár-



A szárnyfék működtetésével a szárny domborúsága nő, ami fokozza a felhajtóerőt és az ellenállást. Ez lehetővé teszi, hogy a repülőgép csökkent sebességgel érjen földet. Rajzunk kettős féklapot mutat be, amely 90 fokra téríthető ki.

nyak hátsó részére csuklósan rászerezelt síklapok ezek, akár csak a csűrőkormány-lapok. Úgy is működnek, mint a csűrőkormányok, de azzal a különbséggel, hogy amíg a csűrőkormányokat egymáshoz viszonyítva ellentétesen billentjük ki nyugalmi helyzetükből, addig a féklapokat a gép hossztenge lyétől jobbra és balra egyértelműleg lefelé billentjük ki, úgy, hogy ezek a gép szárnyához viszonyítva nagy hajlásszöget kapnak. Ezen a módon mind a légellenállás, mind pedig a felhajtóerő növekszik, tehát a szárnyak felhajtóereje a kis sebesség ellenére ugyanaz marad, mintha teljes utazási se bességgel történne a repülés. Ezt a megoldást ma már vala mennyi gépnél alkalmazzák.

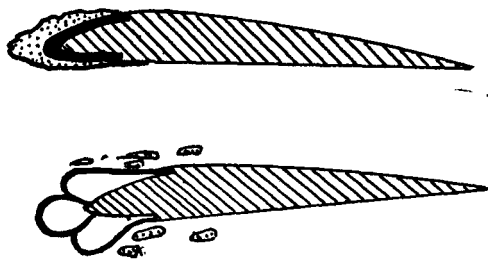
Az elv gyakorlati kivitelében pl. a német *Fieseler*-gyár ért el kiváló eredményeket. A „Storch” (Gólya) típusú repülő gépének 175 km/ó csúcssebességét ezen az úton körülbelül 40 km/ó-s sebességre tudták csökkenteni, ami lehetővé tette, hogy a gép egészen kis repülőtérré is leszállhasson.

Vannak különleges célokra alkalmazott repülőgépek, melyek nagy sebességeik, nagy fajlagos felületi terheléseik

folytán felszállásukhoz nagy gurulási távot igényelnek.

Viszont fontos, hogy kisebb repülőterekről is tudjanak indulni. Ilyeneknél

szoktak a felgyorsítás fokozásához segéd rakétákat alkalmazni, melyekkel a húzóerőt tekintélyesen növelik. A talaj elhagyása után a felszállás alatt kiegészített rakétahüvelyek azután a gépről automatikusan leválnak.



A repülőgép szárnyának belépő élére rakódó jég kedvezőtlenül befolyásolja a gép repülési tulajdonságait. A jégképződés megakadályozására a belépő éleket fűtik. A másik megoldás az, hogy a belépő élekre szerelt gumitömlőkbe sűrített levegőt bocsátanak, amikor is a lerakódott jég-réteg lepattog.

Minthogy a sárkány-rendszerű repülőgépeknek a fel- és leszállásnál meglehetősen nagy sebességű neki-, illetve kifutásra van szükségük, a repülőgépet gördülő kerékrendszerű futóművel kell ellátnunk. A futómű a törzs alatt, a gép súlypontja előtt helyezkedik el, s legalább két, a törzs jobb- és baloldalán levő gumiabroncsozású, jól rugózó kerékből áll.

Minél nagyobb egy gép repülési sebessége, annál kisebb a leszállási sebesség csökkentési lehetősége is, következésképpen annál nagyobb a leszállási sebessége. Így a nagysebességű, de különösen a nagy terhelésű és nagyméretű gépeknél különleges „leszállóberendezés” alkalmazására van szükség.

Képzeljünk el pl. egy 50 000 kg súlyú repülőgépet. A földön való guruláskor, fel- és leszálláskor az egész súlyt 2 kerék, esetleg 2 db gumiabroncsozású ikerkerék hordja. A felszálláskor egyszerűbb a gumikerekek terhelésének esete, mert a kerekek álló, nyugalmi helyzetükből fokozatosan kerülnek egyre gyorsabb forgásba. Így igénybevételükben megvan az átmenet.

Lényegesen más azonban a helyzet a leszálláskor, ami kereskedelmi gépeknél kb. 200 km/ó és nagysebességűeknél 3—400 km/ó sebességgel történik. Ilyenkor a kerekek a földet érintés pillanatában forgás nélküli, nyugalmi helyzetükből az egyik pillanatról a másikra, minden átmenet nélkül, gyors forgásra kényszerülnek. Minthogy a nagy gépek gumikerekei igen nagy átmérőjűek — pl. 2,5 m —, súlyuk pedig az 1000 kg-ot is meghaladja, elképzelhető, hogy az átmenet nélküli forgásra kényszerültségük következtében az egész repülőgépre vonatkoztatva előrebillentő nyomaték jön létre, amely orrára buktatni igyekszik a nagyméretű gépet.

E veszély elkerülésére az ilyen nagyméretű gépeknél a leszállás előtt a kerekeket különleges berendezés révén a motorral előre megforgatják úgy, hogy a kerekek már megfelelő sebességgel forogjanak, amikor a földet eléri. Így elmarad az „orra-buktató” nyomaték.

A korszerű gépeknél a futóműveket már fékekkel is ellátják. Ezek tetszés szerint egyszerre mindkét kerékre, vagy külön-külön hatnak. Ennek megfelelően leszálláskor

a kifutás hosszát fékezéssel csökkenteni lehet, vagy az egyes kerekék gurulás közbeni befékezésével elérhető a jobbra vagy balra fordulás.

A nagyméretű futóművek repülés közben természetesen hatalmas légellenállást létesítenek. Ezért a korszerű gépeknél a futóművet behúzhatóra szerkesztik, azaz, amint a gép a földet elhagyta, a futóművet különleges berendezéssel a szárnyba — vagy orrkerekék esetében a törzsbe — felhúzzák. Ezen a módon a repülési sebesség mintegy 5 százalékkal növelhető.

VONTATÁS A LEVEGŐBEN

A sárkány-rendszerű gépeknek egy érdekes fajával kezdtek kísérletezni a harmincas években. Ezt „kenguru” géprendszernek nevezték el.

Ez tulajdonképpen egy nagy teherbírású repülőgépből, mint „anyagépből” áll s ehhez van szerelve egy kisméretű sárkánygép, mely a kellő időben eloldhatja magát az anyagéptől és most már önállóan folytatja útját.

A harmincas években a gépek sebessége a maiakhoz viszonyítva alacsony volt, s így a hatósugaruk is. Kereskedelmi vonatkozásban azonban már felmerült annak a szükségessége, hogy a kereskedelmi gép a kiindulási helyétől nagyobb távolságra repüljön üzemanyagfelvétel nélkül. Abban az időben ugyanis még nem ismerték, illetve nem fejlesztették ki az üzemanyagfelvételt a levegőben, útközben, leszállás nélkül. Az út óceánok fölött vezetett, tehát leszállás sem volt lehetséges.

Ekkor született meg az első kenguru-gép, amit egy angol repülőgépszakértő, R. N. Mayo konstruált. A gép meg is épült, de — valószínűleg a nagy üzemi költségek miatt — nem került rendszeres használatba. Az anyagép tetején volt a kis posta-gép, mit a nagy gép tekintélyes távolságra vitt el, ahol a kis gép, midőn motorja teljes gázzal járt, leoldta magát hordozója hátáról s most már önállóan útjára indult. Ily módon lényegesen hosszabb utat tudott berepülni.

Most ismét kezdik a „kenguru”-géprendszert alkalmazni, de azzal a változattal, hogy a „kis” gép az „anyagép” törzse alá van csatolva. E rendszert főleg a torlósugaras hajtóművű repülőgépek indításához alkalmazzák.

Tudjuk, hogy az ilyen hajtóműben nincs kompresszor alkalmazva, viszont feltétlenül szükséges, hogy az égőtérbe komprimált, sűrített levegő, illetve gázkeverék kerüljön elégetésre a minél nagyobb tolóerő létesítése céljából. Így a sűrítőt azzal pótolják, hogy magát a repülőgépet oly nagy sebességgel vontatják, hogy az a hajtómű torkába, beömlőnyílásába torlódva és ilyképpen sűrítve kerül. (Innen is a neve: torlósugaras hajtómű.) Márpedig a repülőgépet a talajon történő vontatással a kellő sebességre felgyorsítani nem lehet. A nagy sebességre történő felgyorsítás, mellyel a hajtómű megindulásához szükséges légtorlódás, tömörítés, sűrítés keletkezhessek, csak a levegőben történhet.

Így a torlósugaras hajtóművű repülőgépet egy nagy teherbírási gép alá csatolják, honnan azt pilótája — a kellő sebesség elérésekor — és a hajtómű elindulása után lekapcsolja, ami után gépével önállóan folytatja útját.

Mondhatnók, hogy a sárkánygépekkel történő egyszerű vontatás szinte „mindennapos”. Számos esetben merül fel annak a szükségessége, hogy egy, sőt több sárkánygépet kell „kötélre fogni” és vontatni. A legtöbb esetben nem is ily célra épített gépekkel.

A könnyű és kis légellenállású vitorlázógépek vontatása már igazán mindennapi esemény.

Emlékezetes, hogy a második világháború utolsó szakaszában mily nagy szerepet játszott a vitorlázógépek vontatása. Az Angliából elindított invázió alkalmával katonákat szállító (főleg szántalpas) nagyobb méretű vitorlázógépeket egy-egy motoros gép kötéllel vontatott a Csatornán át francia megszállt területre, ahol a vitorlázógépek lekapcsolták magukat és a front mögött leszálltak. Persze, nem kell azt gondolni, hogy az ilyen vitorlázógépeket kitűnően képzett pilóták vezették. Dehogy. Szinte azt lehet mondani, hogy a pilóták e gépekhez „Schnellsieder”-kurzuson sajátították el a szükséges minimális tudást, hogyan kell a vitorlázógépet a „földre tenni”, hogy a bennülők valahogyan épen bujjanak ki a leszállásnál megsérült gép maradványaiból. De nem is lehetett kellőszámú pilótát erre az egy akcióra előírásosan kiképezni, oly nagytömegű volt a szállítmány. Akkori közlések szerint ez a vitorlázógépekből álló vontatmány 40 kilométer (!) hosszú volt.

A franciák már említett kísérletei alapján az első világháború előtt megkezdődött annak a repülőgéptípusnak a kialakítása, amely a vízről tud indulni, s ugyanoda képes leszállni. A vízirepülőgépek — idegen nevükön *hidroplánok* — „futóműve” a nagysebességű motorcsónakok fejlesztésével párhuzamosan kezdett kialakulni. A gyakorlati kísérletek során rájöttek arra, hogy célszerű a vízen nyugvó „test”-nek a vízszintes irányra néhány fokos fenékhajlást adni, s ezt a hajlást hirtelen merőleges fallal lezárni. Ezen a módon a vízen futó fenék néhány fokos pozitív szöge tekintélyes felhajtóerőt létesít, s utána a vizet súroló fenék nagy ellenállási ereje hirtelen megszakad. Ez az ún. lépcsős úszómű-rendszer igen nagy vízi sebességek elérését tette lehetővé.

A „szárazföldi” repülőgépek mellett így kialakult a vízi-repülőgépek rendszere. Ezeknek azonban az volt a hátrányuk, hogy a levegőben, repülés közben magukkal kellett hordozniuk az úszótesteket, s ezért — azonos hasznos terheléseik mellett — csak kisebb sebességet tudtak elérni.

A futókerekéhez hasonlóan a törzs jobb- és baloldalára egy-egy lépcsős úszótest került.

A hidroplánok jelentős szerephez jutottak már az első világháborúban is. Nagy hátrányuk volt azonban, hogy a hajózásra még nem veszélyes hullámvásznál már nem tudtak biztonságosan le- és felszállni a tengeren. Az első világháború után fontosságuk jelentősen csökkent, noha a kontinenseket összekötő légiforgalomban szórványosan még továbbra is alkalmazták őket.

Hogy alkalmazhatóságuk sokoldalúságát fokozzák, néhány géptípusra a lépcsős úszóművön kívül még kerek futóművet is szereltek. Így jöttek létre a vízen és a szárazföldön egyaránt fel-, illetve leszállni tudó „kételtű” repülőgépek, idegen nevükön *amfibiák*. Sok megoldásnál a kerek futóművet az úszótestbe lehetett behúzni, hogy ezzel is csökkentsék az úszótestek miatt amúgy is nagy légellenállást.

Később új vízirepülőgép-típus alakult ki, az ún. repülő csónak. Ezeknél már a gép törzsét alakították ki hosszú egy-lépcsős úszóművé, elhagyva a külön úszóműveket. Ezzel a

megoldással jelentősen nagyobb utazósebességet lehetett elérni. E géptípus legjelentősebb képviselője az 1920-as években épült 12 motoros *Dornier DO—X* repülőcsónak.

A belsőégésű motorok üzembiztonságának növekedésével, valamint azzal, hogy a többmotoros gépek alkalmazása révén a tengeren való kényszerleszállás veszélye a minimumra csökkent, a víziprepülőgépek alkalmazásának jelentősége rohamosan kisebbedett.

A jelek azonban arra mutatnak, hogy a víziprepülőgépek bizonyos területeken újrendszerű úszómű alkalmazásával új életre kelnek. Az 1950-es évek elején az amerikai *Stout* olyan teljesen újrendszerű víziprepülőgépet fejlesztett ki, amelynek le- és felszállása jelentős tengerhullámmzás idején is lehetséges. Az újrendszerű úszómű nagyon hasonlít a külföldön annyira kedvelt „hullámlovagló” vízisíhez.

Szakkörökben mindenesetre igen nagy feltűnést keltett, amikor 1952-ben a 72 tonnás víziprepülőgép az első bemutatón 30 másodperc alatt felemelkedett a vízről. Ezt eddig egyetlen víziprepülőgép sem tudta elérni, nem is beszélve az ilyen vízi „óriásokról”. A gép ezenkívül vízszintes repülésben elérte a 700 km/ó-s sebességet. Azóta nem hoztak nyilvánosságra újabb eredményeket, noha nagyon valószínűtlen, hogy ne lenne folytatása a kedvező kísérleteknek.

ÚSZÓ REPÜLŐTEREK

Már jóval a második világháború előtt megjelentek a víziprepülőgépek nagy versenytársai, a repülőgépanyahajók, amelyek a guruló futóműves repülőgépek százait képesek magukkal vinni. A repülőgépanyahajókat csupán katonai célokra használják. Csak kerek futóművű gépeket visznek magukkal, nagyságuktól függően 100—200 darabot. Korszerű nagysebességű vadász-, felderítő-, sőt kisebb bombázógepeket hordanak a fedélzetükön.

Minthogy a gépek a 200—250—300 m hosszúságú fedélzetről szállnak fel, s ugyanoda szállnak le, a fel-, illetve leszálláshoz különleges berendezéseket alkalmaznak. Így pl. a felszálláshoz, hogy a kis távolságon is elérhessék a szükséges sebességet, az emelőerőt erősen növelő féklapok kinyitása

mellett segédtrakétákat is alkalmaznak, amelyek a felgyorsulást nagymértékben elősegítik. Segédtrakéták helyett, vagy azokkal együtt — főként a nehezebb gépeknél — sűrített levegő- vagy gőzüzemű kivetőberendezéseket (katapultokat) is használnak.

Még nagyobb probléma a nagysebességű gépek leszállása ilyen rövid kifutópályán. Ehhez többféle megoldást alkalmaznak. A legrégebbi ezek közül a fedélzetre keresztirányban, a futókerekék tengelymagasságánál alacsonyabban kifeszített kötél sorozat, amelyen a kerekék átgördülhetnek, de a gép súlyánál fogva a fedélzetig lenyomják. Ez fékezi a gép kifutását.

Egy másik megoldásnál a fedélzeten — szintén a kerék-tengelynél kisebb magasságban — hosszirányban feszítenek ki vastag gumiköteleket. A gép kerekéi a fedélzetre érve két-két vastag gumikötél között gördülnek, s ez a kerékforgást erősen fékezi. Vagy egy további megoldás, hogy a fedélzetre érkezéskor a gép aljára szerelt kampó beakad a fedélzeten keresztbe kifeszített gumikötelekbe — ezek a fedélzet két szélén fékezhető kocsihoz vannak rögzítve — s így a gép lefékeződik.

E különleges berendezések ellenére is megtörténik, hogy a pilóta elvétí a leszállás manőverét, s gépével együtt a tengerbe pottyan. Ezt egyrészt azzal igyekeznek megelőzni, hogy a hajózó személyzet oktatására külön nagy gondot fordítanak, másrészt pedig az anyahajón különleges leszállójelzéseket alkalmaznak. De ha mégis baleset történik, valamilyen anyahajón állandóan készenlétben áll a mentőosztag, amely különleges berendezéseivel azonnal megkezdí a mentést. Tűneményes gyorsasággal levegővel töltött úszótesteket erősítenek a vízbe esett repülőgépre, ezzel megakadályozzák elmerülését, majd a hajó hatalmas darujaival a fedélzetre emelik. A legfőbb feladat természetesen a vízbe került gép személyzetének mentése.

ROHAMOS FEJLŐDÉS

E kis mű terjedelme nem engedi meg, hogy a géprepülés mintegy félévszázados fejlődésének fokozatait, ha csak nagy vonásokban is, kövessük és foglalkozzunk vele.



A braziliai Santos-Dumont kormányozható léghajójával 1903-ban körülhajózta a párizsi Eiffel-tornyot. Ez volt az első eset, hogy repülőszerkezet elérte a kitűzött célt és visszatért kiindulási helyére

[illegible][illegible]



A sztratoszféra-léggömb személyzete a könnyűfémről készült, légmentesen lezárható gömbben foglal helyet

Naponta 20—40 km magasságig bocsátják fel a ballonszondákat, amelyeknek útját radarkészülékkel követik. A magassági széladatok ismerete nélkül a korszerű légiforgalmat el sem lehetne képzelni



A svájci Piccard tanár felszállásra kész sztratoszféra-léggömbje. A ballont nem töltik meg teljesen hidrogénnel. Emelkedés közben a léggömb egyre ritkább lég rétegekbe kerül és ezért a töltőgáz kitágul, úgyhogy a burkolat feszessé válik





Az LZ 121 merevrendszerű Zeppelin léghajó, amelyet a békeszerződés rendelkezéseinek megfelelően Németország Franciaországnak adott át



A Z. R. III. („Los Angeles”) merevrendszerű Zeppelin léghajó egy különleges hajó tornyán horgonyoz

Az amerikai haditengerészet kisméretű léghajója, a Goodyear ZP 4 K, amelynek rendeltetése az ellenséges tengeralattjárók felderítése és lekiűzése





A Némethy-rendszerű repülőgép, amelyen a feltaláló a világon elsőként alkalmazott csűrőkormányt, acélszöszkezetet és csökkentett légesavarfordulatot. A gép — Némethy Emmel — egy képzelt repülést végez (1899). Némethy egy másik gépe később valóban repült is

Motor nélküli francia Voisin kétfedű gép századunk elején a Szajján. Motorcsónak vontatta, s így emelkedett a levegőbe





A Wright-fivérek a század elején sok száz sikló- és vitorlázórepülést hajtottak végre, s csak azután tértek át a motoros repülésre, miután elsajátították a repülés fortélyait

Tülsúlyú repülőgép. 1909. december 17. Ezen a napon cselekedett a leghíresebb repülőgép tervezője, a német Gustav Wright vonak. Ezzel a repülőgéppel a repülőgépek biztonságosabbá tételét célozta meg.



Wilbur Wright felszállása Pau-ban, 1909-ben. A képen jól látható az indítótorony. Az erről lecső súly megfelelő áttételekkel biztosította a felszálláshoz szükséges sebességet.





A Wright-fivérek egyik kétfedelű gépe. A futóművet szántalpak képezték. A magassági kormány a gép előtt volt elhelyezve

A francia Blériot XL jelzésű gépe, amellyel Calais és Dover között 1909. július 25-én átrepülte a La Manche-csatornát



Centos Dumont „Héa” típusú repülő, amelynek: kormánykezelési és vitorla emelője (1906)





Az osztrák Lohner—Daimler „Pfeilflieger” (nyílrepülő) az 1912-i asperni repülőversenyen



Magyar királyi 'Taube' (Taube) gépe az 1911. évi wienbeutotti repüléversenyen



Az 1930-as évek kis sport- és túragépe. Ezek a gépek kis motorteljesítménnyel (50—100 lóerő) viszonylag nagy sebességet (130—170 km/óra) értek el



Az angol légierő egyik igen nagy teherbírású szállítógépe

Specter légő: zuhanóreptülésben





„Repülőgépanyahajó.” Az anyahajó törzse alatt látható vadászgép a képünkön jól kivehető trapéz alakú szerkezet segítségével feladata elvégzése után vissza is térhet a nagy géphez

Az 1930-as évek egyik leggyorsabb repülőgépe. Az 500 km/óra sebesség elérését a nagyteljesítményű motor és a vékony profilú, kis fesz-távolságú szárny tette lehetővé. A futómű kerekeit áramvonalasan burkolták





A fischamendi Légszárító Kísérleti Intézet 350 lóerős elektromotoros légszárítómeghajtó berendezése egy négyágú Asboth-légszárítóval (1917)

A Légszárító Kísérleti Intézet műszertermének részlete. A műszerekről a vizsgálati eredmények voltak leolvashatók (1917)



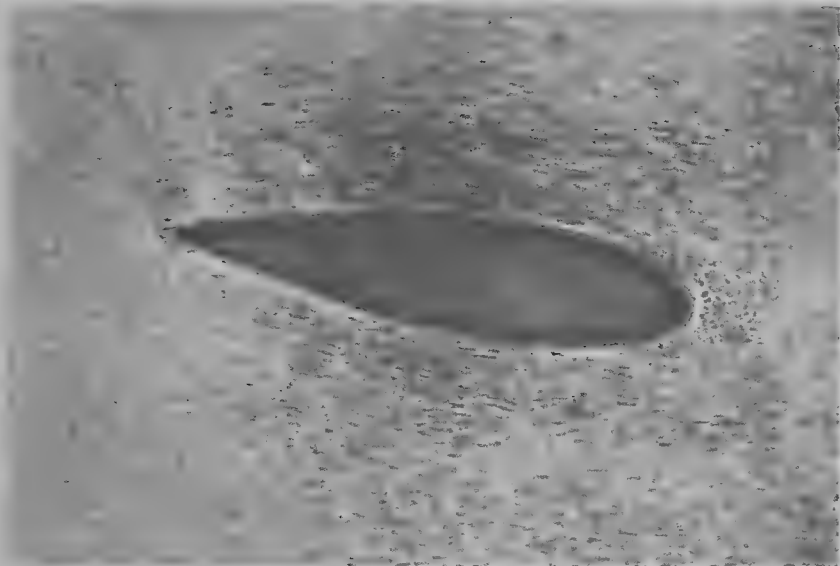


A Légsavar Kísérleti Intézet szélcsatornája, amely annak idején a maga nemében a legnagyobb volt. Síneken gördülő vasúti kerekeivel a légsavarra volt tolható a repülés közbeni állapot létesítésére (1917)



A hegyes végén megfűvott szimmetrikus áramvonalas test mögött lényegesen nagyobb gomolygás (turbulencia) keletkezik, mint tompa végén megfűvott test mögött. Az utóbbi légellenállása tehát számottevően kisebb, mint az előbbié





**Ha a megfúvás iránya nem esik egybe az áramvonalas test szimmetria-
tengelyével, a test mögött fellépő gomolygás (turbulencia) még nagyobb
méreteket ölt**





Az ilyen szélesaternákban a mérési eredmények már sokkal pontosabbak
vannak



A két világháború közötti években már olyan hatalmas szélesatornák is készültek, amelyekben eredeti méretű repülőgépeket lehetett elhelyezni

A Chalais-Meudon-i hatalmas szélesatornájának ventilátorai. A ventilátorok méreteit érzékelteti a jobb alsó csatornában álló emberi alak

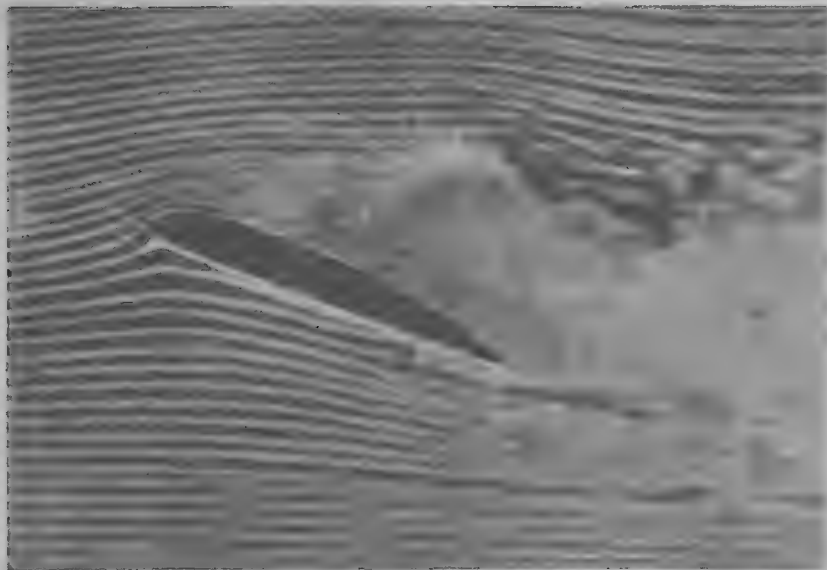




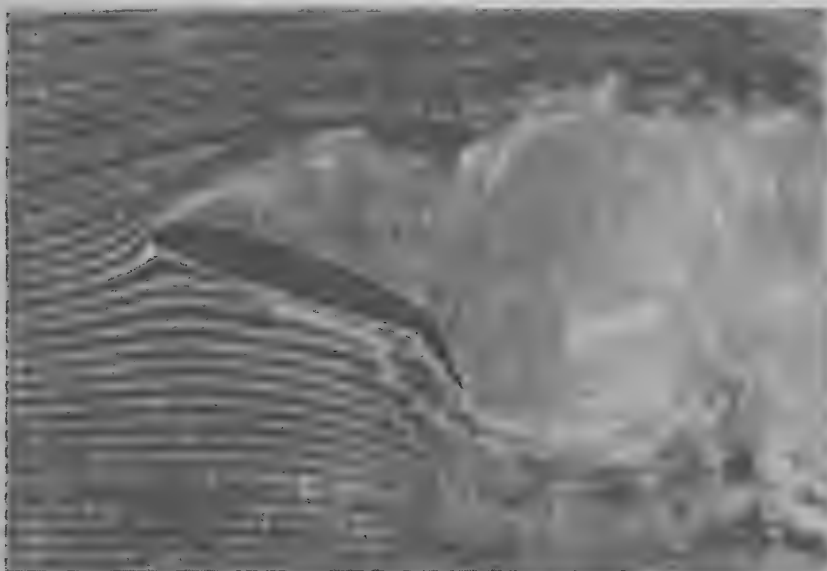
Amfibia, amely szárazföldön és vízen egyaránt leszállhat.
Képünkön a futómű kerekei be vannak húzva a törzsbe

Az oroszországi Kucsinóban épült a világ egyik
legelső szélesatornája (1905)





A szélcatornában készült felvételek egy pozitív állásszögű repülőgép-szárnyról. Lent ugyanaz a szárny kibocsátott féklappal.





2500 lóerős motorral hajtott amfiblia

**„Hercules” repülőhajó. Nyolc hajtóműve összesen 24 000 lóerőt teljesít.
700 személy szállítására alkalmas. Repülősúlya 200 tonna**





Repülőgépanyahajó. A felépítmények oldalt vannak elhelyezve



**Felvonón szállítják a gázsugarhajtású vadászgépet a hajótestből
a repülőgépanyahajó fedélzetére**

+

Repülőgépanyahajó





Sűrített levegővel működő katapult repíti
a levegőbe a hajóról a repülőgépet

Felszáll a repülőgép az anyahajó fedélzetéről





Otto Lilienthal siklógépével

A Fieseler „Storch” (gólya), amelyet 240 lóerős motor hajtott. Ez a gép óránként 40 km sebességgel még lebegésben volt tartható

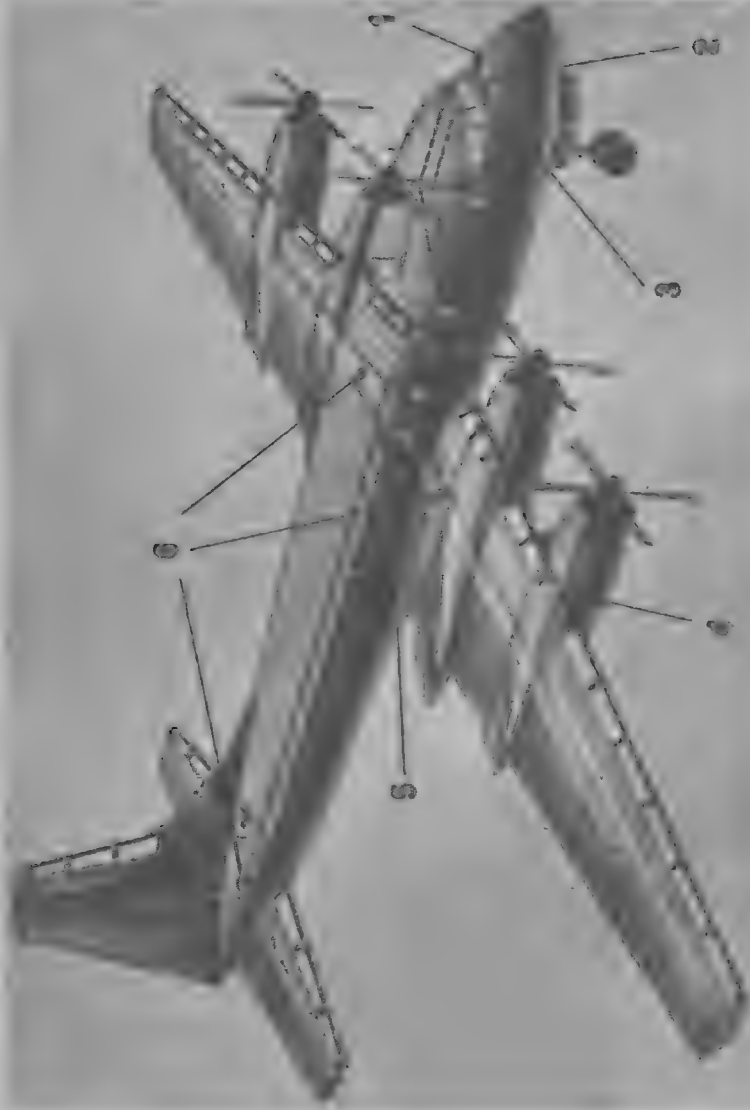




Kétfedelű francia Farman-gép a repülés „hőskorából”

A legkorszerűbb utasszállítógépek egyike a Douglas DC-7C. Négy motorjának összteljesítménye kb. 13 000 lóerő. Különböző változataiban 60—90 utast szállít. Hatósugara 9000 km. Utazósebessége 6000 m magasságban 560 km/óra





Az eljegesedés megakadályozására a szárny és a vezérsíkok belépőéleit elektromosan vagy a motorok forró kipufogógázaival fűtik



Nagy teherbírású katonai szállító gép



A Lockheed „Super Constellation” ugyancsak négymotoros utasszállító-gép teljesítménye megegyezik a Douglas DC—7C gépével



Repülőgép katapultálása egy hajóról

**A repülőgépanyahajó fedélzetére felvonóval szállítják a gépeket
a hajótestből**



A géprepülés szédületes fejlődése semmilyen vonatkozásban sem volt ugrásszerű. Az első és második világháború kétség-telenül meggyorsította a fejlődés tempóját, anélkül azonban, hogy e szakaszokban a fejlődés emelkedő folyamatossága megbomlott volna.

Ez a hatalmas fejlődés nemcsak magára a repülőgépre, de annak minden tartozékára is kiterjedt. Ma pl. a repülőgép futóművének speciális gumiabroncsával — kezdve az alapanyagok kitermelésétől a kész, felszerelhető gumiabroncsig — többen foglalkoznak, nagyobb ipar foglalkozik, mint harminc év előtt az egész repülőgépgyártással. Hogy továbbra is e példánál maradjunk, mondhatjuk, hogy az ily kész gumiabroncsoknak a gyárakból a felhasználó üzemekbe való szállítása több tonna-kilométer transzport-teljesítményt jelent, mint harminc év előtt a kereskedelmi repülőgépek személy- és áruszállítása.

A géprepülés ma — a mellékiparokkal együtt — több százezer embernek ad állandó munkát s így életlehetőséget.

Nem célunk a fejlődés óriási iramát statisztikai adatokkal bizonyítani. Ehhez egyedül, e könyv terjedelme sem volna elegendő.

Helyszűke miatt sok-sok dologgal nem tudunk foglalkozni, melyek között — bizony — nem is olyan közömbös tárgykör van. Hogy csak egyet említsünk: a különleges anyagok kitermelése. A gázsugárhajtómű, vagy a turbo-prop kiömlő-nyílásán az elégett és kiáramló gázok hője 700—800 C°, sőt az utóégető működtetésekor a gázsugár hőmérséklete az 1300—1400 C°-ot is eléri. Márpedig az acél szilárdsága már lényegesen alacsonyabb hőfokon számottevően csökken. Harminc év előtt azonban nem rendelkezünk oly acél- vagy fémötvözettel, mely ily hőt huzamosan nemcsak olvadásméntesen, de érdemleges deformáció-méntesen is elbírjon. (Csak néhány oly fém olvadási pontja magasabb ennél, mely egyedül, más fémrel való ötvözés nélkül ily célra nem alkalmazható, mint például a platina, titán stb.) Vagy egy másik példát véve, az alumíniumféleségek szakítási szilárdsága azidőben 10 kg volt négyzetmilliméterenként. Ma több mint 60 kg. Márpedig enélkül nem volna lehetséges a hang- vagy még afölötti sebességű — például delta — gépek ilyen anyagot igénylő, préselt szárnyait megalkotni.

De talán vessünk egy pillantást a géprepülés kimagasló eredményeire, melyek önmagukban is a fejlődés értékmérői.

Az első — motorral hajtott — géprepülésnél, a Wright-testvérek kétfedelű gépe 1903. december 17-én párméteres magasságban, körülbelül 60 km sebességgel 260 m hosszú távot repült be.

A második repülési eredménynél, mely az egész világ figyelmét a géprepülés felé fordította, Blériot 1909. július 25-én, a La Manche átrepülésével körülbelül 32 km-es távot repült mintegy 32 perc alatt.

Lindbergh az 1927. május 20—21-i óceánrepülésénél New Yorkból Párizsba körülbelül 5800 km-t repült 33 és fél óra alatt.

Az első gázsugarhajtású repülőgép, a Heinkel egyfedelű, 1939. augusztus 24-én végzi ilyen hajtóművel az első repülést a világon.

A hangsebességet 1947. október 14-én szárnyalja túl elsőként a világon egy Bell X típusú gázsugarhajtású repülőgép.

Ma már 3400 km sebességet értünk el óránként egy kísérleti géppel, 38 000 méternél magasabbra jutottunk el és egyhuzamban, leszállás nélkül — csaknem 40 000 km berepülésével — egyszerre több gép is megkerülte a Földet.

A repülés „hőskorában” egy repülőgépmotor — 20—30 LE teljesítménye mellett — 100—150 kg-t, sőt ennél is többet nyomott, úgyhogy a motor súlya 4—5 kg volt lóerőnként. Ma már van oly gázsugarhajtóművünk, amely lóerőnként csak 30 grammot nyom!

Wrighték első repülőgépének a szárnyai négyzetméterenként kb. 8 kg emelőerőt létesítettek. Ma egy nagy személyszállító repülőgép hordfelületének felhajtóereje négyzetméterenként kb. 500 kg. Pedig az utóbbiak „csak” kis sebességgel (5—600 km/óra) repülnek.

Hacsak röviden is, de le kell rögzítenünk, hogy a tudomány haladása, a tudósok munkája nélkül ezeket az eredményeket sohasem értük volna el. Kortársakként Kutta 1902-ben és Zsukovszkij 1905-ben rakták le zseniális matematikával az aerodinamika alapelveit, melyek lényege az, hogy a gázokban — a levegőben — horderőt (emelőerőt) lehet létesíteni az áramlás turbulenciájával. A Kutta—Zsu-

kovszkij-elmélet állapítja meg az összefüggést az örvények és az emelő- (felhajtó-) erő között és rögzíti le exakt matematikai képletekben.

Ezt követőleg Prandtl dolgozta ki — szintén alapvetően — részleteiben az aerodinamika tételeit. 1911-ben pedig a magyar származású Kármán dolgozta ki a profil-ellenállás, az ún. Kármán-ellenállás magyarázatát és rögzítette le precíz matematikai alapon.

AMÍG A LÓERŐKBŐL HÚZÓERŐ LESZ

A repülőgépekbe épített dugattyús motorok és a turbo-prop rendszerű hajtóművek teljesítményét — az utóbbiaknál létrejövő, közvetlenül hasznosítható tolóerőtől eltekintve — a légsavar alakítja át mozgássá, haladási sebességgé.

A légsavar lényegében azonos elven működik a fába hajtott facsavarral, amely forgatásra csigavonalú menete, emelkedése révén a fába fúródik. Ha a légsavar szárnyát, „menetét”, emelkedését (tehát nem az átmérőjét) a forgató-tengely, az előrehaladás irányában megnövelnénk, nagy mértékben ilyen facsavar szerkezetét kapnánk.

Hogy a légsavar forgás közben minden rádiuszánál, azaz minden keresztmetszeténél azonos tengelyirányú utat ír hasson le, s így — legalábbis elméletileg — azonos sebességet és húzóerőt létesítsen, hajlásszögének a forgató-tengelytől a csúcs felé törvényszerűen kisebbednie kell.

Ha pl. a tengely, illetve a légsavar egy közelében a hajlásszöge 60° , ez kifelé a csúcsok irányában fokozatosan, pl. 10° -ra csökken. Az ilyen, a csúcsok felé szabályosan csökkenő hajlásszögű légsavart *állandó emelkedésűnek* (ortogonál légsavarnak) nevezzük.

Ha egy légsavar pl. 3 m emelkedésű, ez azt jelenti, hogy egyetlen fordulattal elméletileg 3 m-es előrehaladást végez. Különböző rádiuszainál ugyanis a hajlásszögek úgy vannak méretezve, hogy a csavar egyetlen fordulatával ilyen előrehaladást létesítsen.

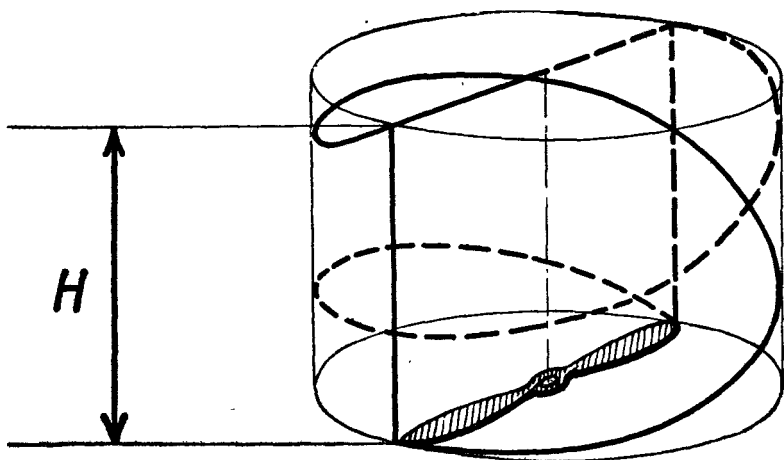
A légsavar főbb számszerű adatait az átmérő, emelkedés és a szárny- vagy lapszélesség képezik. A lapszélességet a szárny-légnyomás (húzóerő) középpontjában mérik, mely kb. a szárny 0,75 rádiuszánál van.

A légcsvavar emelkedésének helyes megválasztása egyike a legnehezebb feladatoknak. Általában úgy határozzák meg, hogy a kitűzött repülősebességet egy csavarfordulatra számítják át. A kitűzött sebesség pl. 360 km/ó, 1 percre átszámítva 6 km. Tegyük fel, hogy a légcsvavar fordulata percenként 2000 m. A 6 km-t, azaz 6000 m-t ezzel elosztva, megkapjuk a végeredményt, a 3 m-t.

Ez lenne eszményi esetben a légcsvavar emelkedése. Gyakorlatilag azonban a légcsvavar elméletileg számított emelkedését mindig nagyobbra veszik, mert a számított és az elért emelkedés, illetve sebességek között eltérések vannak. A példában említett légcsvavar emelkedését pl. 3,10—3,30 m-re méretezik, mert a különbözetet a gép ellenállása használja fel.

Igen fontos még a légcsvavar-szárny keresztmetszeti kialakítása, profilozása is. A profilok lényegében a szárny egész hosszában azonosak, azzal a különbséggel, hogy vastagságuk a csúcs felé csökken. A lapvastagságok helyes megválasztása, kialakítása nagyon kényes feladat. Szilárdsági szempontból a vastagabb, légáramlási szempontból viszont a vékonyabb lapvastagságok a kívánatosak.

Már tudjuk, hogy a légcsvavar tényleges előrehaladása a gyakorlatban mindig kisebb az elméleti úton számítottnál.



A légcsvavar teoretikus előrehaladása, emelkedése (H) egy fordultnál.

Ezt a különbözetet *slip*-nek nevezzük. Minél kisebb ennek az értéke — a korszerű, gyors gépeknél csupán néhány százalékot tesz ki —, annál nagyobb a légsavar hatásfoka. A legnagyobb hatásfok elsősorban a légsavar helyes méretezésétől, a fordulatszámától, a motor lóerőtelijesítményétől, az egész repülőgép ellenállásától, illetve sebességétől függ.

Az eddigi legjobb légsavar-hatásfokot — 93 százalékot — a *Zeppelin*-gyár érte el az 1913-ban épített 5 m átmérőjű, percenként 400 fordulatú légsavarjaival. A mai repülőgépek légsavarjainak hatásfoka 70—85 százalék. Minél kisebb a légsavar által leírt körfelület négyzetméterenkénti lóerő megterhelése, s minél nagyobb a repülőgép sebessége, annál nagyobb a légsavar hatásfoka.

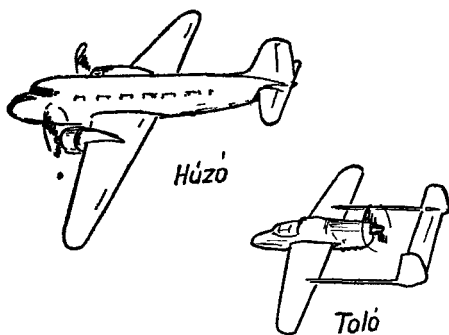
A légsavarprobléma elméleti kutatásában és fejlesztésében a német *Bendemann*. és az angol *Glauert*, valamint az ugyancsak német *dr. Borck* végzett kiemelkedő munkát.

A mai légsavarok forgási sebessége percenként 1600—2000, sőt még ennél is több, ennek következtében a csavarok csúcsai kerületi sebességükkel nemegyszer elérik a hangsebességet, 340 m/sec-ot is.

LÉGSAVAROK SEBEZHETŐ PONTJAI

A géprepülés első évtizedeiben kizárólag fából készült, deszkából összeragasztott légsavarokat használtak. Nagy hátrányuk volt, hogy vetemedtek, deformálódtak. A levegő nedvességtartalmának káros behatásai ellen nem védte meg őket a többszörös lakkréteg sem, s így rövidebb-hosszabb idő alatt a deformálódás következtében használhatatlannokká váltak. A légsavarok minden szárnyának ugyanis — mint tudjuk, 2, 3 és 4 ágú légsavarokat használunk — mértanilag a legtökéletesebben azonosaknak kell lenniük egymással. Ezt aerodinamikai kiegyensúlyozottnak nevezzük. Ha a szárnyakon az azonos rádiuszoknál a szárnyprofilok és a hajlásszögek nem a lehető legtökéletesebben egyformán vannak kidolgozva, az egyes csavarszárnyak más és más légellenállást, valamint húzóerőt létesítenek, tehát teljesítményük nem lesz egymással azonos. Az eredmény: az egész légsavar forgás közben olyan rezgésbe jön, hogy nem lehet vele repülni.

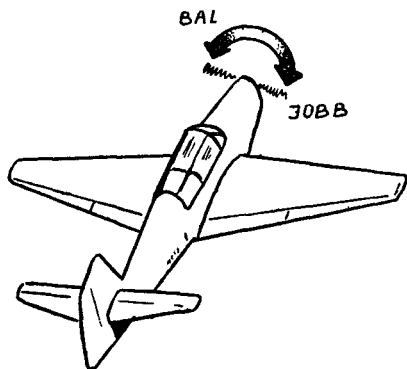
Ugyanígy rezgés lép fel, ha az egyes csavarszárnyak egymáshoz viszonyítva grammnyi pontossággal nincsenek súlybelileg, sztatikailag, kiegyensúlyozva. Érthető ez, ha tekintetbe vesszük, hogy pl. egy 2,80 átmérőjű facsavarnál percenként kb. 1400 fordulat mellett, egy-egy csavarszárnyon



Húzó- és tolólégcsavar.

hozzávetőleg 8000 kg centrifugális erő lép fel. Már néhány grammnyi súlykülönbség a csavarszárnyak között több kg kiegyensúlyozatlan repítőerő-különbséget létesít.

Az így létrejövő légcavar-rezgés a törzsbe épített motor tartó acélcsavarjait rövid idő alatt elnyírja. Növekszik a veszély, ha külső behatásra — pl. egy madár hozzáütődésére — valamelyik csavarszárny eltörik, s így a légcavar nagysebességű forgása közben több ezer kg-os kiegyensúlyozatlan erők szabadulnak fel, amelyek vagy a motort szakítják ki a törzsből, vagy az egész gépet függőleges tengelye körül emberi hatalommal megfékezhetetlen forgó mozgásra kényszerítik. Mindkét esetben mind a gép, mind a benne ülők menthetetlenek.



A légcavar forgásának irányát a haladás irányához viszonyítjuk. Így beszélünk bal- vagy jobbménetű légcavarról.

Ma már van megbízható gyártási eljárás a veszélyforrások kiküszöbölésére. A különleges eljárással gyártott falégcsavarok külső behatásokra sem törnek el, sőt, például szárnyaikat többször is át lehet gépfegyverrel löni, s ennek ellenére biztonságosan lehet velük tovább repülni.

Az első világháború után megkezdtek az alumínium-ötvözetű légcsavarok kifejlesztését. Ezek a könnyűfémcsavarok mind a légiközlekedésben, mind a katonai repülésben általánosan elterjedtek. Anyaguk nemesített, edzett duralumínium. A már kidolgozott dural-légcsavart kellő hőfokra hevítik, majd lehűtik. Ennek következtében nő a duralumínium szilárdsága, de nő keménysége, ridegsége is. A dural-légcsavar ennek dacára sem törik el, külső erőművi behatásokra — pl. szabálytalan leszálláskor földbe ütközés — csupán elgörbül. Az elgörbült dural-légcsavarok megfelelő hőkezeléssel könnyen javíthatók. Az is előnyük hogy a légköri viszonyok behatásaira nem deformálódnak. Ezért a rendszeres légiközlekedésben, s a katonai repülésben ma már csak dural-légcsavarokat alkalmaznak. Fa-légcsavarokat manapság már csak a kisebb sport-, gyakorló- és utasgépeken használnak.

A légcsavar forgatásához akkor van a legnagyobb teljesítményre szükség, ha a repülőgép a földön áll, mert ebben az esetben a légcsavarforgás álló légtömegeket alakít át mozgóvá, éspedig pillanatok alatt nagy sebességűvé, tehát nagymértékű gyorsulást létesít. Ha viszont a gép mind nagyobb sebességgel kezd gurulni, a légtömegek gyorsítása a légcsavarokon keresztül szűnőben van, s ennek megfelelően a légcsavarforgás csökkentett légellenállással találkozik, csökkenni kezd az energiaszükséglet is. A motor — azonos gázadagolás mellett — „megszalad“, „túlforog“, s a légcsavart nagyobb fordulatszámmal forgatja. Ez a — meglehetősen kicsiny — fordulatszám-növekedés a gép emelkedése közben is megmarad bizonyos magasság eléréséig, amikor a légritkulás miatti motorteljesítmény-csökkenés a fordulatszámot is csökkenti. Vízszintes repülésben viszont, midőn a gyorsulás megszűnik, a repülési sebesség állandósul, csupán

a súrlódási ellenállásokat kell legyőzni, azonos gázadagolás mellett a légcsvavar fordulatszáma önműködően erősen megnövekszik, olyannyira, hogy túlhaladja a motor előírt fordulatszámát. Ebben az esetben a gázadagolással a fordulatszámot csökkenteni kell, tehát a motor legnagyobb teljesítményét nem lehet kihasználni.

A túl-, alacsony, vagy szabályos fordulatot mindig az alkalmazott motor előírt percenkénti fordulatszámához viszonyítjuk.

Nagyobb magasságban történő vízszintes repülésnél, azonos gázadagolás mellett, nemcsak a gyorsítás megszűnte létesít légcsvavarfordulat-emelkedést, hanem — ezt tovább növelve — még a légritkulás is. A kettő hatása összeadódik. A légcsvavar ilyen körülmények mellett erősen „túlforog”. E túlforgás ellenére azonban — a repülési sebesség állandósulása és a légellenállás csökkenése folytán — a légcsvavar LE-szükséglete kisebb lesz, mint földközeli vízszintes repülés esetén. Hasonló jelenség áll fenn a motornál is: azonos magasságban a fordulatszáma nő, de a teljesítménye csökken. Mindkét esetben a fordulatemelkedés és a teljesítmény-kisebbedés más és más értékű. Így egyrészt a légcsvavar, másrészt a motor kényszerűlten addig csökkenti, illetve emeli a fordulatszámát, míg azok találkoznak, amikor is mindkettő teljesítménye azonos lesz.

Ez annak következtében áll elő, hogy a légcsvavar a motort lefékezi, nem engedi legmagasabb fordulatra gerjedni, melynél — az adott magasságban — legnagyobb teljesítményét leadhatná. Más szóval a motorban egy bizonyos lóerő-mennyiség kihasználatlanul marad.

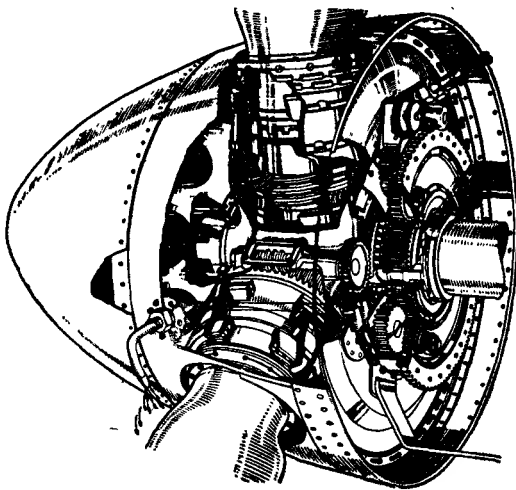
ÁLLÍTHATÓ EMELKEDÉSŰ LÉGCSAVAROK

Még a kompresszoros motorok alkalmazása sem segít ezen a problémán. A motor ugyan a sűrítés hatására megfelelő oxigénmennyiséget kap égéséhez, a légcsvavar azonban továbbra sem talál maga előtt megfelelő sűrűségű levegőt, légellenállása lényegesen kisebb. A megnövelt motor-

teljesítmény magasabb fordulatszámra kényszeríti a légcsavart. Az előírt fordulatszámnál nagyobb fordulaton viszont a motorra veszélyes.

E lényegesen nagyobb fordulatszámok olyan csökkenését, hogy a motort ne kelljen lefojtani, s így kiadhassa legnagyobb teljesítményét, *állítható emelkedésű* légcsavarokkal érik el. Nagy teljesítményű gépeknél az állítható emelkedésű légcsavar alkalmazása elengedhetetlen követelmény. Csak így lehet elérni, hogy a motort — bármilyen repülési viszonyok között is — legnagyobb teljesítményének leadására kényszerítsük, anélkül, hogy az előírt legmagasabb fordulatszámot túllépjük.

Ha ugyanis a légritkulás következtében a légcsavar a motor üzemfordulatánál nagyobb fordulatszámra akarna gerjedni, a légcsavarnak nagyobb emelkedést adunk, növeljük légellenállását, következésképpen kisebb fordulatonál nagyobb lóerőteljesítményt fog felvenni. A nagyobb csavaremelkedés következtében a megmozgatott levegőmennyiség is nagyobb lesz, s így a csavar húzóereje is viszonylagosan növekszik.



Az önbeálló légcsavar bonyolult szerkezete.

Kompresszoros motorok és állítható emelkedésű légcsavarok alkalmazása nélkül nem lehetne a korszerű repülőgépekből a motorjaik által lehetővé tett emelkedési, sebességi és magassági csúcsteljesítményeiket kivenni.

Az állítható emelkedésű légcsavarok egyes szárnyai dur alumíniumból készülnek. A szárnyak egy közös „agyba” vannak befogva. Az agy a motortengelyre van erősítve. Lénye-

gében kétféle állítható emelkedésű légsavart alkalmaznak. Olyanokat, amelyeknek emelkedését a kellő fordulatszám eléréséhez a pilóta állítja be, de vannak önműködő megoldásúak is, amelyek a pilóta közreműködése nélkül is, a repülési viszonyoknak megfelelően, állandóan azonos fordulatszámot adnak.

A csavarok állítószervezete mechanikus, hidraulikus, vagy elektromos úton történik. Szerkezetük drága, rendkívül bonyolult és éppen ezért nem lehet e problémát teljesen megoldottnak tekinteni.

GÉPREPÜLÉS A SZELEK SZÁRNYÁN

Van-e értelme szót vesztegetni ma a vitorlázórepülésre, amikor 2—3000 km/ó sebességgel száguldanak repülőgépek olyan magasságokban, amelyekről álmodni sem mertünk? Van-e értelme könnyű vitorlázórepülőgépekről beszélni, amikor a 200 tonnás repülőgépek hajtóműveinek harsogása mindent nevetségessé tesz, ami könnyű és törékenynek látszik?

Csakhogy, aki már többet repült vitorlázógéppel, s töltött néhány izgalmas, keserves, de gyönyörűséggel teli órát a halkan duruzsoló, könnyű „légi lélekvesztőben”, az más különbséget lát. Elismeri, hogy nagyszerű dolog többszörös hangsebességgel száguldani; valóban csodálatos 200 tonnát a levegőbe emelni. Igen ám, de milyen módon? A korszerű technika csúcsteljesítményeivel, a rendkívül bonyolult berendezésekkel, a 8000 kg tolóerejű hatalmas hajtóművekkel, az embernél is szinte tökéletesebb robotpilótával „művészet” ugyan repülni, de *repülni* mindezek nélkül — azt csak vitorlázórepülőgépen lehet. Más az a repülés, amelyet — némi túlzással mondva — száz és száz műszer, berendezés segítségével, gombnyomással hajtunk végre, és megint más az a repülés, amelyet az ember közvetlen érzékeivel él át és ténylegesen maga repül: az ember.

A vitorlázórepülés fontos helyet foglal el a repülés többi ágazata között, hiszen ez a legolcsóbb, legérdekesebb iskolája a későbbi „nagy” repülésnek. Nem lehet határt szabni abban a tekintetben, hogy meddig sport a vitorlázórepülés, és

mettől tudomány. Mert mindkettő igen fontos mozgatóeleme a vitorlázórepülésnek. Innen ered mindenütt elismert fontossága.

Megnyergelni a hegyek, dombok lejtőszeleit, a gomolyfelhők alatt csatangolni, csak a saját érzékeinkre bízva magunkat és a gépet, majd segítségül hívni néhány műszert és behatolni a kilométeres magasságokig felnyúló felhőtoronyokba, ahol tombolnak az elemek, ez a repülés gyönyörűségének, kitartásának, szívósságának és — bátorságának iskolája.

Igen, a bátorságé is. Mert amikor már fél órája verte a zápor, verte a diónyi jég géppuskaropogással a sötét felhőtorony közepében pehelytollként hanykolódó gépet, amikor a pilóta a plexitető alól aggódva figyeli a reccsenéseket és amikor a felhő háton repülő helyzetben kidobja magából vendégét: bátorság kell ahhoz, hogy egy határozott fordulóval ismét betörjön a sötét, vad, kegyetlen és egyben jótékony felhőtoronyba.

Minden repülésnek, így a vitorlázórepülésnek is megvan a maga szépsége, romantikája. A romantikát és a szépséget azonban nem adja könnyen a természet. Megismeréséhez nehéz út vezet. A vitorlázórepülés 50 esztendeje is állandó fejlődés, új utak és új módszerek keresése. A vitorlázórepülés technikájának állandó továbbfejlesztése nagyszerű távlatokat nyit meg.

Manapság egy 700—800 km-es távrepülés nem megy csodaszámba, pedig ez egy kis motoros sportrepülőgép tisztes teljesítménye. Ugyanez a kis motoros sportrepülőgép legfeljebb 2—3000 m magasságra tud feljutni, a vitorlázógép viszont 11—12000 m magasságot is elérhet.

Furcsán hangzik, de így van: ha megfelelő túlnyomásos kabinnal rendelkező vitorlázógépet állítanak elő, a gázturbinás sugárhajtású gép 21 km körüli magassági világrekordját vitorlázógéppel lehetne túlszárnyalni.

Hogy hogyan? Hosszú volt az út eddig a lehetőségig. Menjünk talán sorjában.

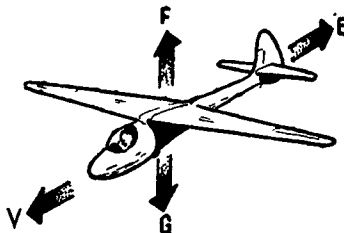
Otto Lilienthal volt az első siklórepülő, aki egy domboldatról rendszeres repüléseket végzett. Hosszú siklással, rövid nekifutás után, első kezdetleges gépén, amelybe mi már talán bele sem mernénk ülni. Ő fedezte fel a lejtővel szembeáramló szél emelőhatását egy próbarepülés alkalmával. Az ember azonban már hamarabb is megfigyelte a madarak repülését és ennek során tapasztalták a hosszú tengeri utak matrózai, hogy a fáradhatatlan sirályok a hajót egyik oldalán — a szél felőli oldalán — követik.

A felfedezett lejtőszelet nyergeli meg a vitorlázórepülő első komolyabb repüléseinél, persze azok, akik hegyvidéken kezdenek megismerkedni a repülés fáradtságát is jelentő, de leírhatatlanul nagyszerű élményével.

Mi a lejtőszél? Miért éppen a hegyvidéken kezdődött kialakulni a vitorlázórepülés? Válaszoljunk talán erre azzal, hogy ismerkedjünk meg magának a lejtőszélnek és az ebben való vitorlázásnak fogalmával.

A lágyan fúvó szellő vagy a vadul száguldó orkán végighalad a föld felszíne felett, természetesen úgy, hogy az eléke-rülő akadályokat kikerüli. Ha ki kell kerülni, akkor meg kell növekednie a levegő sebességének is. A levegőáramlás

irányába merőlegesen elhelyezkedő hegyvonulat szél felőli oldalán tehát az eredetnél nagyobb sebességű és a hegy emelkedését követő, tehát bizonyos szög alatt emelkedő áramlás jön létre. Úgy is mondhatjuk, hogy miközben a levegő eredeti irányában halad, egyidejűleg felfelé is emelkedett. Erről van szó: a hegyvonulatra merőlegesen fúvó szél felfelé irányuló összetevőjéről. Ez élteti a vitorlázórepülőt, ezt kutatja minden érzékével.



A vitorlázórepülőgépre a fenti négy erő hat egy időben és állandóan. F = a szárny által létrehozott felhajtóerő; G = a repülőgép súlya; V = a repülőgép súlyából eredő vonóerő; E = a repülőgép ellenállása.

Ez a felfelé irányuló összetevő tartja a gépet szintben, vagy ha szerencsés napja van a pilótának, emeli is a gépet. Tudnunk kell, hogy a vitorlázórepülőgép olyan szerkezet, amely állandóan merül. Akármit is csinálnak vele siklás közben, állandóan merül, még akkor is, ha esetleg emelkedni látjuk. Merül, de csak a közvetlen környezetében levő levegőhöz viszonyítva. Hogy azután az a levegőtömeg, amelyben folytonosan süllyed a vitorlázórepülőgép, maga állandó emelkedésben van a hegyoldal miatt, az már más kérdés.

Ha gépünk másodpercenként pl. 1 m-t merül, és a hegyoldalra felfelé áramló levegő sebességének felfelé irányuló összetevője ugyancsak 1 m, pilótánk örömmel állapíthatja meg; jó ideje repül már és még a hegytetőhöz viszonyított magasságából semmit sem veszített. Sőt, dél felé megerősödik a szél és pilótánk repes az örömtől, mert egyre jobban emelkedik gépével, noha ő jól tudja, hogy voltaképpen gépével együtt másodpercenként 1 m-t merül. Ebből következtet arra, hogy a levegőáramlás felfelé irányuló összetevője nagyobb, mint az előzően említett 1 m/mp.

Derűre ború! Az alkonyati órák csendességet, nyugalmat hoznak a hegyvidékre is, a szél ereje, sebessége gyengül, a felfelé irányuló összetevő kisebb lesz, mint a gép merülő-sebessége és pilótáknak rövid időn belül el kell döntenie, hogy hová és hogyan száll le, mert bizony, pilótanyelven szólva, „leesett a lejtőről”.

Ezért a vitorlázórepülő minden érzéke figyeli a szelet. A meteorológusokon kívül senkit sem érdekel jobban a szél iránya, erőssége, várható tartóssága és egyéb jellemzői, mint a vitorlázórepülőt.

Természetesen azért nemcsak a szélről függ minden a lejtővitorlázásnál. Fontos a hegy alakja, magassága, pl. minél meredekebb, annál jobb. Fontos, hogy megfelelő „előterepe” legyen, itt az a legelőnyösebb, ha sík terepből emelkedik ki hirtelen. Nem örül a vitorlázórepülő a kúp alakú hegynek, mert ez alig „termel” valami felhajtóerőt, a szél egyszerűen kikerüli. Ám annál kellemesebb egy hosszú hegyvonulat mentén vitorlázni, mint például a Hármashatárhegy északkeleti oldalán a Szarvaskőtől a Dunáig terjedő mintegy

5—6 km-es szakaszon. Csakhogy ilyen irányú szél évente ha 2—3-szor fúj.

A lejtő mentén történő vitorlázás során nem csekély magasságot is nyerhetünk. Jó géppel, jó terepen, jó időben még 600 m magasság is nyerhető.

Sajnos, a hegy emelőhatása csak kb. 500—600 m magasságig érvényesül. Ebben a magasságban a levegőáramlás felfelé irányuló összetevője annyira csökken, hogy nem képes a gépet tovább emelni.

Ha egyedül vitorlázik pilótánk a lejtő mentén, akkor csak arra van gondja, hogy „le ne essék“. Nem úgy „igazán“, hanem azzal, hogy elügyetlenkedi a helyezkedést, fordulókat, kikerül a hegy emelőhatásából és így kénytelen leszállni.

A fordulókat általában a lejtőről kifelé végzi pilótánk, a hegy gerincén túl nem merészkedik, mert tudja, hogy gerinc mögötti leáramlás komoly veszéllyel fenyegeti testi épességét és nem is olyan olcsó gépét. Nagyobb magasságban pilótánk bátran repül már a gerinc felett is, ebben a magasságban ez már nem veszélyes.

Milyen módon emelkedik a motor nélküli vitorlázógép a levegőbe? Erről is szólnunk kell még. A legelső és hegyvidéki repülőtereken ma is használatos módszer a gumiköteles indítás. A hegy vagy a domb tetejére, oldalára helyezett gép mellett készülődik pilótánk felszállásra, felcsatolja ejtőernyőjét, majd az ülésbe kötözi magát, mialatt repülőtársai elhelyezkednek két V-alakban lefektetett gumikötél végei mellett. Miután pilótánk elkészült és ezt közli indító oktatójával, a gumikötél végét beakasztjuk hátul a hegyhez kioldószerkezettel rögzített gép orrába.

Harsány vezényszavak hangzanak, és a 12—18 főnyi „kihúzólegénység” nekiiramodik a gumikötél két végével. Amikor már jól megfeszült a „csúzli“, az indítóoktató int a kioldószerkezet kezelőjének, aki határozott mozdulattal útjára ereszti a gépet, a lejtő jóindulatára és pilótánk ügyességére bízva.

Amikor sík vidéken is kezdett elterjedni a vitorlázórepülés, akkor kezdték használni a csörléssel való indítást. Ekkor pilótánk úgy érzi magát, mintha egy gyerekkori sárkányban ülne, mert ugyanaz történik vele is. Hosszú acélsodrony-

kötél egyik végét beakasztják a gép orrába, a másik végét pedig motorral hajtott gyorsan forgó dobra csévélik. Így a kötélt húzza a gépet, mintha a gyerek szaladna a sárkány zsinórjának egyik végével, és miután így 200—400 m magasságra felhúzták a gépet, pilótánk meghúzza a kioldógombot és ledobja a kötelet. Ezután megkezdí repülését. Sík vidéken ma már egyre inkább előtérbe kerül a legkorszerűbb indítási módszer, a motoros repülőgéppel való vontatás. Kötéllal motoros repülőgéphez kötik vitorlázógépünket, amely pilótánk ügyességének megfelelően többé-kevésbé simán követi motoros vontatóját. Ha a levegőtérbe való alapos tapogatózás után emelő légáramlatot találtak, vagy a vontatógép pilótája ad jelet kioldásra a kötélt végén fickándozó vitorlázó kollégájának, vagy pilótánk nem is várja meg motoros barátjának integetését, sürgősen leoldja magát a kötélről.

MI A TERMIK?

Amikor pilótánk már hosszú ideje repül a lejtő mentén, meglepetéssel tapasztalja, hogy napsütéses időben hirtelen lesüllyed a környezet, majd kis idő múlva éppen az ellenkezője történik. Egyidejűleg hol beszorul az ülésbe, hol pedig egészen könnyen ül gépében. Ilyen emelkedések, merülések alkalmával a gép „muzsikája“ is megváltozik. Az első vitorlázórepülők örömmel fedezték fel ezt az újabb ajándékot és igyekeztek megmaradni ebben az új emelésben. Később már azt is tudták, hogy mi ez az új varázslatos valami, amely emeli a gépet még sík terület fölött is. Megnyílt a termik-repülés új korszaka.

Mi hát voltaképpen az az erő, amely sík vidéken, szél nélkül is emelni tud több száz kilós repülőgépet?

A nap sugárzásának hatására a föld felszíne felmelegszik és egyúttal felmelegíti a közvetlenül felette levő levegőt is. A meleg levegőnek az a sajátossága, hogy könnyebb, mint a hideg levegő és ezért felfelé törekszik.

A felmelegedett levegőtömeg „menne“ is felfelé, de a felette levő hidegebb levegő nem engedi könnyen, valamilyen külső behatásra van szükség ahhoz, hogy az egyensúly megbomoljék.

A külső behatás valamilyen formában mindig bekövetkezik, s a meleg levegőtömeg megindul felfelé. Az indulás gyakran megfigyelhető az időnként kóródarabokat, leveleket felkapó forgószelek alkalmával. Minden „forgószelel” egy termik elválását jelzi. Ez a termikkémény szolgáltatja azt a felhajtóerőt, amellyel pilótánk a felhők birodalmát megostromolhatja. Végtére is rossz kifejezést használtunk, mert nem termikkéményről, hanem inkább termikbuborékról van szó. Egy ilyen buborék átmérője változó, 30—50 métertől, 200—300 méter, sőt ennél jóval nagyobb is lehet.

Mi a teendője pilótánknak a termikbuborékban? Semmi más azonkívül, hogy egyenletesen körözve, igyekezzék benne maradni, mert ha „kiesik” belőle, akkor kezdődik a „tapogatózás”, a termikkeresés, ami nem könnyű dolog. A többit már elvégzi a termik. Azt már leszögeztük, hogy a vitorlázórepülőgép egyik igen jellemző sajátossága az állandó merülés.

A termikben való repülés közben is igaz ez, s hogy a gép állandóan merülve mégis emelkedik, ez csak azért lehetséges, mert az egész levegőtömeg — a termikbuborék — gyorsabban emelkedik, mint a gép.

HOGYAN LESZ A TERMIKBŐL FELHŐ?

Mi történik a termikkel, amely így a „hátára” veszi a repülőgépet, és emelkedik vele. A meleg levegőtömeg felfelé haladtában egyre inkább lehűl. Nem azért hűl le, mert nagyobb magasságokban hidegebb a levegő, hanem azért, mert kitágul. Gáznemű közegnél a sűrítés hőmérsékletnövekedéssel, a ritkulás, kitágulás pedig lehűléssel jár. A levegő meleg állapotban jóval több nedvességet tud felvenni, mint hideg állapotban és amikor a felfelé haladó levegő lehűl, viszonylagos nedvességtartalma növekszik. Növekszik egészen addig, amíg el nem éri a 100%-ot, tehát amíg telítetté nem válik. Amikor ez bekövetkezik, a termikben levő nedvesség apró vízcseppek formájában kicsapódik és már meg is jelent a szép kék égen az első „pacni”, amely néhány perc múlva kis felhővé hízik. Amikor kicsapódik a nedvesség és megjelenik az első felhőfoszlány, újabb melegedési folyamat in-

dul meg a felhőben, a kicsapódáskor felszabaduló ún. „rejtett hő“ további magasságok felé viszi a levegőt, illetve most már a felhő nevet viselő termiket.

Ahol megkezdődik a kicsapódás, az ún. kondenzációs szinten, attól kezdve már nem termikről, hanem felhőről beszélünk. Ezek a felhők azután együttesen komor, fekete viharfelhőkké alakulhatnak.

Azt gondolhatnánk, hogy termiket találni csak sík vidéken lehet és ott is csak nyáron. Termikek képződnek az év minden szakában, csak különböző erősségűek. Télen pl. jóval kisebb a termiktevékenység, mint tavasszal vagy nyáron, mert a felmelegedés is jóval kisebb. Termik mindenütt található, de a hegyes-dombos vidékeken hamarabb keletkezik, mert a domboldalak nap felőli oldala jobban felmelegszik, mint a sík vidék.

A táj jellege is befolyással van a termikképződésre. Hamarabb keletkezik termik szikes talaj, érett gabonaföld felett, mint például erdők felett. Ugyancsak előnyösebb ebből a szempontból a nagyobb települések, városok köhalmaza, amely hamarabb melegszik át.

Mire jó a termik? Arra, hogy nagyobb magasságot érjünk el vele. A nagyobb magasság viszont nagyobb lehetőséget jelent akár a távrepülésre, akár az időtartamrepülésre induló vitorlázórepülőnek. Mert minden esetben valami célja van a repülésnek. Akinek nagyobb magassága van, annak több reménye is van célja elérésére. Ezért a magassággal óvatosan kell bánni, taktikázni kell a termikrepülés közben is. Méregetni a lehetőségeket, megfontolni és jól dönteni; ehhez az kell, hogy a vitorlázórepülő ismerjen mindent alaposan, ami a repüléssel kapcsolatos, légkörtant, légáramlástant, mechanikát stb. A „nagy pilóták”, a nagy teljesítmények tulajdonosai sohasem ösztönszerűen, gyakorlatból repülnek nagyobb teljesítményeket, hanem ésszel, alaposan meggondolva mindent.

Igazi nagy teljesítményeket nem lehet elérni anélkül, hogy a vitorlázórepülő be ne merészkedne a felhőbe. Itt azonban nem szabad hallgatnia az érzékeire, csak a műszerek után repülhet. Úgy repül, hogy ki sem néz a gépből, csak a műszerfalát figyeli, amely jelzi a gép minden mozdulását.

A termikkel kapcsolatban már említettük, hogy a kumulusz- (gomoly-) felhőkben erős függőleges légmozgások vannak. Egy zivatarfelhő teszi valóban próbára a pilóta bátorságát, szívósságát, repülőkészségét. Igen gyakran csapadék hull benne még akkor is, ha az a földre nem is ér le. Jég, hó, eső között válogathat a nyári repüléshez könnyen öltözött repülő.

Kísérjük most el pilótánkat a felhőkbe is. A pilóta gondosan követi vontatógépét, de szeme váltakozva hol a műszert, hol a fölötte gomolygó felhőt, hol pedig a vontatógépet figyeli. 300 m magasságban a kioldógombhoz nyúl és erőteljes mozdulattal leoldja magát vontatójáról, amely hasát megmutatva „leborít”, hogy újabb gépeket „húzzon termikre”.

A magasság változását jelző műszer, a variométer egyre erősebb emelést mutat. Nagy lökések, hirtelen még nagyobb emelkedések hatására a gép fel-felzúg és ez — a műszereket megelőzve — az emelkedés nagyobbodását jelenti. Az emelés nagysága kissé megnyugtatja és csillapítja feszültségét, most már biztosan fel tud emelkedni a felhőmagasságig.

A felette sötéten tornyosuló felhő möhön szívja az egyre feljebb törő gépet. A horizont kezd elszürkülni, párafelhők rohannak el mellette. Alatta még látszik a föld, de a horizont, ami a kényelmes repülést jelentette, teljesen eltűnik a szeme elől. Nem bízhatja már magát érzékeire, teljes bizalom csak a műszerekben lehet. Mutatóik hűségesen jelzik a gép dőlését, fordulását, emelkedését.

2100 m-en érte el a felhő magasságát és most magasságmérője 2500 m-t mutat. A felhőben levő lökések egyre nagyobbak és hevesebbek. Néha fizikai erőt kíván a kormányok kezelése. Olyan érzése támad, mintha az elfordulás-jelző téves értéket mutatna. Meg van győződve arról, hogy

jobb fordulóban emelkedik, mert érzékei ezt mondják, pedig a műszer balrafordulót mutat. Már-már megmozdítja a kormányt, hogy érzéseinek megfelelő fordulót kezdjen, mikor észbe kap. Nem lehet. A műszerek nem csálnak. A műszerek láthatatlan szemekkel, mintegy keresztülnéznek a felhőn a tiszta horizontra és azonnal tudomásul adják a gép helyzetét.

MIT ÉREZ A PILÓTA?

Fázni kezd, ujjai mintha meggémberedtek volna. Lehelete fehér füstként ütemesen áramlik előre. Behúzza a kabinablak zárját. A hideg egy kicsit csökken a teljesen zárt kabinban, de még mindig fázik. A műszerek mutatói a sebesség-ingadozások következtében ide-oda szaladgálnak. Alig tudja helyesbíteni az egyik dobást, máris egy másikat kell „kivédeni”. A kívülről hallatszó egyenletes zúgás hol teljesen elhalkul, hol pedig szirénaszerűvé erősödik. Szinte érezni azokat az erőfeszítéseket, amelyeket a gép tesz. A figyelem teljes összpontosítása szükséges ezekben a pillanatokban.

Magassága 4000 méter. Lélegzése mintha sűrűbbé, kapkodóvá válna. Igen, kevés az oxigén. Légzőkészüléke csutoráját a szájába veszi és megnyitja az oxigénpalack csapját. Még birta volna, de semmit sem akar kockára tenni. A magassági betegség észrevétlenül jelentkezik, ezt akarja megelőzni.

A műszerek kissé megnyugodtak, különösen a sebességmérő mutat állandó értéket. Az elfordulásjelző — amely eddig hűségesen és jól jelezte a fordulást — most látszólag meglassult mozgásában. A gép zúgása erősödik, jelezve, hogy a gép sebessége megnövekedett. A sebességmérő cserbenhagyta, valószínűleg jegesedni kezd. Ösztönös mozdulattal nyúl az elektromos elfordulásjelző kapcsolójához. Ez még nem érte el a kellő fordulatot, így nem mutat helyes értéket. Az egyetlen tájékozódási lehetőség most a füle.

Magafelé húzza a magassági kormányt. Olyan érzése támad, mintha óriási kéz nyomná az ülésre, úgy érzi, hogy mozdulni sem tudna, majd egy hirtelen rántás ki akarja emelni az ülésből. A bekötő hevederek belevágódnak a vállába. Az elektromos műszer már működik. Megkísérli a műszer alapján megnyugtatni a gépet. Ez sikerül is. A gép zúgása válto-

zatlanul hol elhalkul, hol pedig felzúg. A felhő egyre sötétebbé válik és egyre jobban dobál. A kormányok teljes kimozdítása sem elég a lökések kivédéséhez. Lassú mozdulattal kinyitja a féklapot, majd pedig becsukja, nehogy az eljegesedése miatt használhatatlanná váljék. Nehezen mozgott ugyan, de használható.

REKORD SZÜLETIK

A műszerek külső csövei, amelyeken a levegő áramlása eljut a műszerekhez, idomtalan jégcsappá válnak. A kabin üvegén nem lehet átlátni a lerakódott jégtől. Most, amikor a legnagyobb figyelemre volna szükség, azzal kell törődnie, hogy milyen fokon áll a jegesedés. A gép ebben a láthatatlan levegőliftben táncolva és néha engedetlenül, egyre emelkedik.

A magasságmérő 5800 méteren haladt éppen át. A felgyorsulások, hirtelen merülések alaposan próbára teszik a gépet.

A jegesedés egyre erősebbé válik, olykor robbanásszerűen pattan le nagy tömege a szárnyról. Nem tartható tovább így, ebben a helyzetben a gép.

Igyekszik gépét dugóhúzóba vinni, a műszerek útmutatása szerint. Nehezen engedelmeskedik, de végre megkezdí egyenletes pörgését. Önmagában meghatározott függőleges forgásban tör lefelé a sötét felhőtömegben. Nem engedi a magassági kormányt előre, nehogy a gép megálljon pörgésében. Ez azt jelentené, hogy nem bírnák a szárnyak a függőleges zuhanásban fellépő erőket.

Már-már elhatalmasodik rajta a feszültség, a várakozás, hogy meglássa a földet. Erősen markolja a botkormányt és feszülten figyel. A zúgás egyenletes. Szempillantás alatt kivilágosodik és mint egy óriási forgó térkép, megjelenik a föld. Kormánymozdulataira megáll a forgás és egyenes repülésbe megy át. Ezek az utolsó pillanatok voltak talán a legnehezebbek és most hirtelen minden csendes. Talán most tud gondolkozni az eseményeken.

Igen! Magassági rekord! 6100 m! Gondolatait a gépről robbanásszerűen leváló jégdarabok csattanása zavarja meg. A hőmérsékletváltozás, a meleg leolvasztja a lerakódott jeget.

A felhőrepülés során bőven van legyőzni való akadály. Közülük a legfontosabb a hőmérsékletcsökkenés és az oxigénhiány.

A vitorlázógépek személyzete általában sokkal jobban szenved a hidegtől, mint a motoros gépek pilótái. A gépek aránylag szűk pilótaülésében a mozgás erősen korlátozott, nem is szólva a bekötőhevederekről. Az összezsugorodva ülő pilóta hamarabb érzi meg a hideget, mint a könnyebben mozgó motoros kollégája.

Nem sokat segít a helyzeten, ha a vitorlázórepülő jó vastagon felöltözik, mert ez még jobban gátolja az amúgy is szűkös mozgási lehetőségében. A túlságosan vastag öltözkészítés esetén viszont megnehezíti a gépből való kiugrást is. Inkább jól kell szigetelni a repülőgépvezető fülkáját, ez részben megoldja a problémát.

A csökkent hőmérséklet azonban nemcsak a pilótára hat kellemetlenül, hanem magára a gép szerkezetére is: jelentős feszültségek keletkeznek, a műszerek pontossága romlik stb. Pl. -30°C -nál alacsonyabb hőmérsékleten a kormányhuzalok annyira megfeszülnek, hogy könnyen el is szakadhatnak.

Számolnia kell pilótánknak azzal is, hogy a felhőrepülések alatt jegesedés következik be. A jég ugyan a vitorlázógépekre vastagabb rétegben rakódik rá, mint a motoros repülőgépekre, ennek ellenére azonban az okozott veszély kisebb. Sőt, van a jegesedésnek olyan tulajdonsága is, amely egyenesen előnyöket rejt magában. A szárnyat bevonó jégpáncél ugyanis megvédi a vitorlázógépet a zivatarfelhőkben előforduló erős jégveréstől. A felhőkből kikerült gépről a jég aránylag hamar leolvad, és így nem okoz különösebb problémát.

Az oxigénhiány aránylag könnyűszerrel megoldható oxigénbelégző készülék segítségével. Itt csak az a probléma, hogy a gép esetleges elhagyása esetében a pilóta oxigén nélkül marad, vagy pedig olyan ejtőernyőt visz magával, amelyben beépített oxigéntartály is van.

A csökkent légnyomás csak egészen nagy magasságokban (9—12 000 m) okoz gondot. Ahogy az oxigénhiány legyőzhető légzőkészülékkel, éppen úgy leküzdhető az alacsony nyomás is: túlnyomásos kabint kell készíteni.

Lejtőszélben való repülés, termikrepülés, felhőrepülés. Mi van még ezek után? Sok, nagyon sok.

Kezdetben alig néhány perces siklás hatalmas eredménynek számított. Ma már az 50 órás időtartamrepülésen is túl vagyunk. Az időtartamrepülés nem is annyira a gép és az időjárás, hanem a pilóta erőpróbája. Képzeljük el, emberileg mit jelent 2 napot egyhuzamban a levegőben tölteni. Olyan testi és lelki felkészültség szükséges ehhez, amelyet csak alapos előkészítés árán szerezhet meg a repülő.

Az időtartamrepülés előkészítése sem könnyű dolog. Azt is mondhatnánk, hogy az időtartamrepülés az a teljesítményrepülési fajta, amelyhez a legalaposabb és legnagyobb földi előkészítésre van szükség. A gép műszaki szempontból való leggonoszabb előkészítése mellett igen nagy figyelmet kell fordítani a kényelemre. Nem egy időtartamrepülés bukott meg azon, hogy pl. a ruha összegyűrődött a gépbe való beszálláskor és több órás repülés után elviselhetetlen kényelmetlenséget okozott.

Nagy probléma például az élelmezés megoldása a hosszabb időtartamrepülések alatt. Általában olyan ennivalót válogatnak össze, amelynek nagy a kalóriaértéke és kicsiny a salaktartalma (pl. keksz, csokoládé, gyümölcs stb.).

Az időtartamrepülés a fáradtság szempontjából több szakaszra osztható. Az első 4—5 óra után a pilóta kényelmetlenül érzi magát az ülésben, és maga a vezetés is fárasztó. A 8—9 óra után már csökken a fáradtságérzés és a gép vezetése szinte önműködővé válik. 20—22 óra után álmoság, erős fáradtságérzés jelentkezik és a beosztásnál ügyelni kell arra, hogy ez a kritikus időszak lehetőleg ne az éjszakai órákra essék.

Nem könnyű dolog tehát az időtartamrepülés sem. Általában vitorlázórepülőgépen nem könnyű a repülés, igénybe veszi a szervezetet. De a szervezet hozzá is edződik ezekhez az igénybevételekhez.

MÉG MAGASABBRA — HULLÁMREPÜLÉSSSEL

A szokványos, tehát az eddig bemutatott vitorlázórepülések magassági határa ritka, kivételes esetekben felnyúlt 7000—8000 m magasságig. Vajon ez lenne a felső határ? — vetődött fel a kérdés egy évtizeddel ezelőtt.

Sokan úgy gondolták, hogy igen, annak ellenére, hogy a termikus feláramlásokban (termik, felhő) rejlő légköri lehetőségeket a vitorlázórepülés még távolról sem merítette ki. Körülbelül egy évtizede azonban a vitorlázórepülők figyelme egy már régebben is megfigyelt, de kellően fel nem derített jelenség felé fordult.

A Pilis-hegységben levő Nagy Kevély délnyugati oldalán ugyanis 4—5 m/mp-es északkeleti szélben azt tapasztalták, hogy a hegy hátszél oldalán hatalmas, vízszintes tengelyű forgó levegőhenger jött létre. Átmérőjét mintegy 150—200 m-re tették, s a felszálló ágában keletkező felhőfoslányok alapján láthatóvá vált légforgásban mintegy 4—5 m/mp-es emelkedést becsültek.

Az első tudatos magyar hullámvitorlázás a magyar vitorlázórepülés „szülőhegyén“, a Hármashatárhegyen történt 1937 februárjában a hegy híres északnyugati lejtője felett. *Tardos Béla* a Rotter által tervezett kitűnő „Karakán“-nal a Csordáskút felett megtalálta az erős északnyugati szélben jelentkező hullámemelést és több mint 700 m hegycsúcs feletti magasságot sikerült elérnie.

Ezek után már egyre több esetben tapasztalták hazai vitorlázórepülőink a hullámterek kedvező tulajdonságait, sőt a Műegyetemi Sportrepülő Egyesület *M—22* gépével 1942-ben 100 km-nél nagyobb távolságú repülést hajtottak végre a Hármashatárhegy mögött elhelyezkedő többszörös hullámtér kihasználásával.

A jelenségre az hívta fel a figyelmet, hogy Németországban az Óriáshegység felett, pontosabban annak hátszéli oldalán viharos erősségű szélben felhő keletkezett. Ez a felhő azonban az orkánszerű szél ellenére sem mozdult. Ez csak úgy volt lehetséges, hogy a felhő állandó keletkezésben és megszűnésben volt, tehát nem ugyanarról a felhőről van szó, hanem egy minden pillanatban újra keletkezőről.

Mi a magyarázata ezeknek a felhőkeletkezéseknek? Hogyan lehetséges, hogy ilyen nagy magasságokban fellelhetők függőleges feláramlások? Mert az nyilvánvaló volt, hogy olyan légrétegemelkedés miatt keletkezik felhő, amelynek hőmérséklete közel van a harmatponthoz. Amikor ez a fel-felé emelkedő levegőtömeg eléri a kicsapódási szintet, a le-

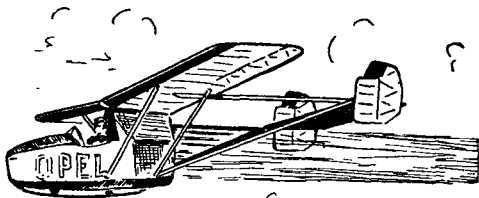
vegőben levő páramennyiség kicsapódik és láthatóvá lesz a felhő.

Eddig rendben is van, de hogyan jut fel a levegőtömeg ilyen magasságba? Hogyan lehetséges, hogy a hegy hátszél-oldalán emelést találhat a vitorlázórepülő? Hiszen óva intették már zsenge kezdő repülőkora óta, hogy a hegy hátszél-oldala az maga a pokol. Géptörés, ha nem boka- és kéztörés. No persze, alacsony magasságban. A hullámszelek nem is alacsonyon keletkeznek, leggyakrabban vontatással lehet csatlakozást találni a hullámemeléshez.

Az a magyarázata ennek a jelenségnek, hogy a hegy akadályát legyőző levegő, miután felgyorsulva átjutott a hegy gerincén, lezúdul a hegy túlsó oldalán. A levegőnek is azonban, mint mindennek, tehetetlensége van. A levegőt áramlástan szempontból folyadéknak tekinthetjük. A levegő tehetetlensége miatt a lezúduló levegőtömeg mozgása ezzel nem fejeződik be, hanem egyre csillapodik, de közben tovahaladva lengő mozgást végez. Egy ilyen lengő hullámmozgás során a felfelé menő oldalon ez a kicsapódásra kész levegőtömeg eléri sorsát — a benne levő nedvesség kicsapódik. Ezek a hullámmozgások adják meg a levegőnek azt a felfelé irányuló mozgását, amelyben a folyton süllyedő vitorlázórepülőgép emelkedni tud.

A hullámjelenségek egyik kísérője a rotor. Ez annál is fontosabb, mert ennek segítségével lehet különösebb külső segítség nélkül csatlakozást találni a hullámemeléshez. A rotorok felhő alakjában láthatóvá válnak.

Általában a hullámemelés előtt találhatók és a hegy szél mögötti részében keletkeznek, a levegőtömeg egy része tehetetlenségénél fogva mintegy bukfencet vet bennük. A szélirány megváltozik, az eredeti széliránnyal szemben ellentétes irányú áramlás jön



Opel segédrepülőgéppel felszerelt vitorlázórepülőgép.

létre, és meglepetésszerűen hatalmas merülések és vigasztalásul ugyancsak hatalmas emelések lépnek fel bennük.

Az egyik, hullámrepülésben egyébként eléggé gyakorlott külföldi pilóta egy alkalommal 5000 m magasságban egy ártatlannak látszó rotorfelhőn át repült leszállás céljából. Beleérve a felhőbe, akkora lökést kapott gépe, hogy elvesztette tőle látását, s csak arra döbbsent rá, hogy a gépből kizuhanva, szabadon esik a föld felé. A rotorban uralkodó áramlási viszonyok olyan lökések voltak, hogy a gépet a levegőben darabokra szaggatták. Egy másik eset hazánkban történt, egy szelíd időjárásjelző-repülést végző „Kánya” típusú motoros vontatógép levett gázzal a Mátrában egy rotorban 20 m/mp-es emelkedéssel rövidesen 900 m-ről 1600 m-en találta magát.

A rotorok hossza pl. az 1000—1500 m gerincmagasságú hegyvonulatok mögött 10—20 km. Megfigyelték, hogy egymás mögött több rotor helyezkedik el a tereptől, széltől, légállapottól függően, meglehetősen szabályos egymásutánban.

Az első időben csak 5000 m-nél nagyobb magasságokban észleltek hullámfelhőket. Hullámemelőszél létét azonban nemcsak a gyakorlat, hanem az elmélet is igazolta — kisebb magasságokban is. A hullámrepülés szinte kimeríthetetlen kincsbányájához tartozik az is, hogy hullámemelés nemcsak hegyvidéken keletkezik, hanem sík vidékeken is. Továbbá nemcsak a földfelszín kiemelkedésénél (hegy), hanem bemélyedésénél is.

Való igaz, hogy hullámfelhőket megfigyeltek a világ minden táján, még a sarkvidékeken is. De ezeknek gyakorlati kihasználása csak a Sierra Nevada, az Alpok és Norvégia hegyei fölött történt meg.

A legutóbbi években minden számottevő vitorlázórepülést felmutató ország lázas érdeklődéssel fordul az új lehetőségek felé. A magyar Alföld és a Hegyvidék hullámterei-nek tudatos és rendszeres felmérése felé már megtették az első lépéseket és várható, hogy a hullámrepülés annyira bevett és gyakori repülés lesz, mint manapság a termikrepülés. Ugyanolyan forradalmi változást hoz a vitorlázórepülésbe a hullámrepülés, mint amelyet annak idején a termikus feláramlásokat felhasználó repülés a helyhez kötött lejtővitorlázáshoz képest hozott.

A budai hegyek, de talán inkább a Dunazug-hegység hullámterének nagy magasságokba felnyúló ágát észlelték 1943-ban egy kétmotoros bombázógéppel. A nagy felületi terhelésű gép pilótája azt tapasztalta a Szolnok—Kecskemét irányú 9000 m magasságban történő repülés alkalmával, hogy gépe 4 m/mp-et emelkedik. Milyen lehetett a feláramlás erőssége, ha egy 15—20 tonnás gépet még emelni is tudott 4 m/mp-cel? A merülő zónája ennek a hullámtérnek viszont olyan erős volt, hogy azt a gép 2 db 1600 LE-s motorja sem tudta legyőzni.

Az utóbbi években a Légierő MIG—15-ös géppel repülő pilótái adtak hírt arról, hogy még 10 000 m magasságban is emelőteret tapasztaltak.

Hazánk ege is tele van hullámterekkel. Fel kell kutatnunk és fel kell térképeznünk ezeket a tereket és közkinccsé kell tenni őket. A különböző terepeken végzett megfigyelések szerint a Kárpátmedence felett átvonuló légtömegek hatására mindig kialakulnak hatalmas kiterjedésű helyhez kötött hullámterek, amelyek kihasználása megközelíthetővé, esetleg elérhetővé tenné számunkra is a sztratoszféra magasabb szintjeit.

SEBESSÉG NÉLKÜL NINCS REPÜLÉS

A vitorlázórepülőgép a legegyszerűbb repülőszerkezet. Vezetőfülkéjében mindössze 6—7 műszer van, a többi már a pilótára van bízva, az ő ügyességén, leleményességén, szívósságán múlik a további teljesítmény.

A vitorlázógépnek — különleges esetektől eltekintve — nincs motorja. Mégis repül. elsősorban azért, mert (már tudjuk) folytonosan merül, siklik egy bizonyos szög alatt a vízszinteshez.

Ha egy motor nélküli kocsit lejtős útra teszünk, az is mozgásnak indul és halad motor nélkül. Ebben az esetben is — és a vitorlázórepülőgépnél is — az előrehaladáshoz szükséges húzóerőt magának a gépnek a súlya szolgáltatja. A saját súlya, mégpedig a saját súlyának a lejtő irányába eső összetevője. Elsősorban ez érdekel most bennünket, ami a repülőgépünket előrehúzza, sebességét létrehozza. Sebesség nélkül nincs repülés. Ezt a sebességet a szárnyhoz viszonyítva

kell értelmezni. Előfordul ugyanis, hogy a vitorlázórepülőgép egyhelyben áll és mégis repül. Ez úgy lehetséges, hogy a szél sebessége olyan nagy, amely megfelel a vitorlázórepülőgép siklási sebességének. Ilyen szelek nem is ritkák, hiszen egy vitorlázógép siklási sebessége 60—70 km/ó és ez 17—20 m/mp-es szélnek felel meg.

Miután a gép szárnyait levegőáramlás éri, ez a szárnyon felhajtóerőt hoz létre. A felhajtóerő nagysága sok mindentől függ. Elsősorban a szárnyfelület nagyságától, a repülés magasságától és a szárnymetszet légáramlástani jellemzőjétől, amelyet felhajtóerő-tényezőként ismernek. Az így keletkezett felhajtóerő legjobban, legérzékenyebben a sebességtől, a szárnyat érő áramlás sebességétől függ. Ez a felhajtóerő a gép súlyával tart egyensúlyt.

SIKLÓSZÁM ÉS ELLENÁLLÁS

Más erő is keletkezik a gépen, ez az ellenállás, amely mozgásában hátráltatja a vitorlázórepülőgépet. A repülőgép-tervezők igyekeznek ezt az ellenállást minél kisebb értéken tartani.

Minden vitorlázógépnél a legfontosabb a siklószám. Ez adja meg a gép jóságát. A siklószám számszerűen azt mutatja, hogy a vitorlázórepülőgép 1 m magasságból hány méter távolságra tud elsiklani. Húsz évvel ezelőtt a vitorlázórepülőgépek siklószáma 1:16—1:20 volt. Az utóbbi értéknél ez azt jelentette, hogy egy méter magasságból 20 m távolságra tudott elsiklani a gép. A mai korszerű vitorlázórepülőgépeknél ez az érték már 1:40—1:42-re emelkedett, ami már jóval kedvezőbb, hiszen pl. távolsági repülés alkalmával 1000 méter magasságból 40—42 km távolságra tudnak elsiklani.

Légáramlástani értelemben a siklószám az ellenállás-tényező és a felhajtóerőtényező hányadosát jelenti. Arról ad számot, hogy hányszorosa a felhajtóerőtényező az ellenállás-tényezőnek ugyanazon repülési helyzetben. Pl. a „Futár” típusú gép siklószáma 1 : 32. Ez azt jelenti, hogy a felhajtóerő 32-szer nagyobb az ellenállásnál. Ezzel szám szerint becsülni is lehet az ellenállás nagyságát. Az előbb említett gép súlya 320 kg, akkor ez a súly az előbbieket szerint a felhajtóerővel egyenlő. A siklószám értelmezéséből viszont az következik,

hogy a gép ellenállása 32-szer kisebb, mint a felhajtóerő. Esetünkben az ellenállás $320 : 32 = 10$, tehát 10 kg erő tartja vissza a gépet attól, hogy még gyorsabban haladjon.

A repülőgéptervezők minden eszközzel azon vannak, hogy az ellenállás értékét minél kisebbre leszorítsák. Nem is eredménytelenül, hiszen kb. 20 év alatt a siklós szám kétszeresre növekedett, tehát az ellenállást a régi gépekhez viszonyítva a felére csökkentették.

Azt is meg kell jegyeznünk azonban, hogy a vitorlázórepülőgépek kifejlesztésénél nem minden esetben csak a siklós szám növelését tartják szem előtt. Más tulajdonságokkal kell hogy rendelkezzenek a kezdő gyakorlógép és ismét más tulajdonságokkal a nagyteljesítményű vitorlázógép. Az előbbinél az a fontos, hogy erős építésű legyen, a kezdő növényedékek durva földetérései ne tegyék idő előtt tönkre, egyúttal azonban jól kormányozható is legyen, s viszonylag kielégítő repülési tulajdonságokkal rendelkezzen. Az utóbbiaknál a legfontosabb a nagy siklós szám, kis merülés, nagy sebességi tartomány, jó fordulóképesség, jó kormányozhatóság stb. Azt lehetne mondani, hogy majdnem minden feladatkörre más-más gép alkalmas.

MOTOROS VITORLÁZÓGÉPEK

Vannak olyan területei a vitorlázórepülésnek, ahol szükséges, hogy rövid idő alatt biztosan levegőben tudjon lenni és ott különböző légtereket keressen fel a gép. Erre pl. időjárásrepülésnél vagy kutatórepülésnél van szükség. Ilyen célokra született meg a segédmotoros vitorlázórepülőgép, amely nem egyéb, mint egy kisebb fajta motorral és légcsavarral felszerelt vitorlázórepülőgép. Saját erejéből száll fel és szelíden berregő motorja segítségével kényelmesen felkeresi a különböző emeléseket, legyen az lejtő, termik vagy netán hullámemelőtér. Az emelésbe érve a pilótánk kikapcsolja a motort, s amíg tart az emelés, addig vitorlázik. Amikor kifogyott alóla a jó emelőszél, akkor beindítja a motort, és más tájak felé néz emelőtér után. Ez persze a legeszményibb vitorlázórepülőgép, habár ennél a szónál vigyáznunk kell, mert ezt talán inkább olyan motoros repülésnek neveznénk, amelynél repülés közben vitorlázás is előfordult.

Nemcsak légszavaros segédmotoros vitorlázógépek vannak, hanem megjelentek a sugárhajtású hajtóművek is „segédmotorként” a vitorlázógépeken. Ezt a megoldást különösen a franciák részesítik előnyben és egy gázturbinás sugárhajtóművel felszerelt vitorlázógép hat évvel ezelőtt nagy feltűnést keltett. Az elmúlt években jelent meg egy rezgőszelepes torlósugárhajtóművel felszerelt vitorlázórepülőgép a kiállításokon.

Természetes, hogy nem ez az általános útja a vitorlázórepülés fejlesztésének. A vitorlázógépek fejlődésének mai szakaszában a legnagyobb siklószám és a legkisebb merülősebesség elérése a legfőbb törekvés, lehetőleg úgy, hogy ez a merülés még viszonylag nagy sebességeknél is kicsiny legyen.

Mi jellemzi a mai modern vitorlázórepülőgépipítési irányzatot? Milyen közös vonások lelhetők fel a legújabb gépekben? Elsősorban talán az, hogy egyre nagyobb tért hódít a *lamináris* profil alkalmazása. A lamináris profil olyan áramlást létesít a szárnyon, amelynek surlódása a lehető legkisebb. Innen a nagy előszeretettel ezeknek a profiloknak az alkalmazására. Ugyancsak különös gondot fordítanak a felületek simaságára.

Egyre több ország tér rá a fémrepülőgépekre a vitorlázórepülőgépipítés terén. A magyar *Ifjútság*, a cseh *Blaník*, a jugoszláv *Meteor* jelzik ennek az irányzatnak az útját Európában, az Egyesült Államokban a *Schweizer 2—25* stb.

A kétüléses gépeknél az egymás melletti ülésmegoldást ismét kiszorítja helyéről az egymás mögötti ülés, valamint minden modern vitorlázórepülőgép már behúzható futóművel készül.

HULLÁMREPÜLŐ ÓRIÁSOK

Ennyit lehetne vázlatosan mondani az általános rendeltetésű vitorlázórepülőgépek fejlődési irányzatáról. Van azonban egy terület, ahol egészen újszerű megoldások kerülnek előtérbe, és ez a hullámrepülés. A hullámrepülőterek teljes kihasználásához ugyanis egészen újszerű építésű gépre van szükség. A hullámemelőterek feltérképezése, kikutatása, feltárása több okból nem kifizetődő motoros repülőgéppel. Így már évekkel ezelőtt felvetődött egy sztratoszféra-vitorlázó-

repülőgép építésének terve. Nemrég részletesen is kidolgozták egy ilyen vitorlázórepülőgép terveit, amelynek segítségével felkutatni szándékoznak a 20—25 000 m magasságokban fellelhető hullámemelőtereket.

A gép sok tekintetben elűt a szokványos vitorlázórepülőgépektől, hiszen méretei közül pl. a szárnyterjedtség akkora, mint egy nagy négymotoros utasszállítóké (36,6 m). Alább leírjuk a terv néhány adatát, hogy fogalmunk legyen a feladat nagyságáról.

A különben kétüléses gép (repülővezető és kutató meteorológus) kabinjában olyan nyomásviszonyok uralkodnak, mint 3000 m magasságban. Ettől függetlenül az utasok túlnyomásos ruhában ülnek a gépben. A kabin nyomás alatt való tartását oxigénpalackkal biztosítják.

Egy másik változatnál a gép folyékony oxigént visz magával, amelyet repülés közben elpárologtat, ezzel biztosítva az állandó oxigénforrást. A gép repülési ideje 18 000 m magasságban 5 $\frac{1}{2}$ —8 óra között változhat.

	Kisebb típus:	Nagyobb típus:
Fesztáv	30,5 m	36,6 m
Szárnyfelület	42 m ²	55,8 m ²
Repülési súly	1470 kg	1675 kg
Legkisebb merülés	0,70 m/mp	0,61 m/mp
Legkisebb merüléshez tartozó sebesség	77 km/ó	74 km/ó
Hasznos terhelés	383 kg	383 kg
Legnagyobb sebesség	300 km/ó	300 km/ó
Siklózszám	1 : 34	1 : 36
Legjobb siklózszámhoz tartozó sebesség	87 km/ó	82 km/ó
Oldalviszony	22,1	24
Szárnyterhelés	36 kg/m ²	29,3 kg/m ²

Ezek az adatok önmagukért beszélnek. Mégis rámutatunk még arra, hogy a szárnyterhelés és az oldalviszony nagyobb valamivel a szokványos vitorlázógépekhez viszonyítva. Ez módot nyújt arra, hogy felmerészkedjék a vitorlázórepülő a magas légkörökben nem is ritkán előforduló 200—300 km/ó erősségű szelek birodalmába.

Ezek azok a tények, amelyek előremutatnak. Mutatják a különböző lehetőségek kihasználásának útjait. Noha a hullámvitorlázás terén nincsenek nagy eredményeink, mégis fel tud zárkózni hazánk a derékhadhoz, amely a hullámrepülés korszakának kapuját nem kevés sikerrel ostromolja.

A HANGGÁTON INNEN, A HANGGÁTON TÚL

A közvetett hajtású, azaz légcsavaros repülőgépek a második világháború alatt elérték teljesítményeik csúcsait — már ami a sebességet illeti. Ebben az időben mindinkább nyilvánvalóvá vált, hogy a dugattyús motorral felszerelt légcsavaros repülőgépekkel 750—800 km/ó az elérhető legnagyobb sebesség. Ennél nagyobb értéket csak ugrásszerű lóerőnöveléssel lehet elérni, ami viszont a dugattyús motorok súlyának ugrásszerű növelését jelenti.

A 750—800 km/ó sebességi csúcsteljesítménynek nagyon egyszerű a magyarázata. Ilyen sebességnél ugyanis a repülőgép egyes részei megközelítik a hangsebességet, és rendkívüli áramlási jelenségek lépnek fel körülötte.

Kézenfekvő a kérdés: mi a szerepe a hang sebességének a repülésben, s hogyan befolyásolja a repülőgépek sebességének növelését?

A hangsebesség körül fellépő áramlástani jelenségeket csak a legutóbbi időkben lehetett behatóbban tanulmányozni, bár *Mach* osztrák fizikus már a múlt században foglalkozott ezzel a problémával. Róla nevezték el azt a manapság mind sűrűbben hallott viszonyszámot is — a Mach-számot —, amely a haladó test és a hang terjedési sebessége között fennáll, s pontosan azt mutatja meg, hogy a haladó test sebessége hányszorosa a hang terjedési sebességének egy bizonyos magasságban.

Vizsgáljuk meg mindenekelőtt a levegő egy fontos fizi-

kai, tulajdonságát. Ismeretes, hogy a levegő zárt térben összenyomható, nagy légköri nyomásra sűríthető. A levegőnek ezt a tulajdonságát a technika kiterjedten hasznosítja. Ezen alapszik például a légfék működése is.

MEGLEPETÉSEK A HANGSEBESSÉG KÖRÜL

A levegőnek az a tulajdonsága, hogy könnyen összenyomható, a kisebb repülési sebességnél nem érvényesül. Mintegy 600 km/ó sebesség alatt a levegő a repülésben aerodinamikai szempontból gyakorlatilag összenyomhatatlan folyadékként viselkedik. Amint azonban az említett sebességi határt túllépjük, olyan jelek mutatkoznak, amelyekből már a levegő bizonyos mértékű összenyomhatóságára lehet következtetni, annak ellenére, hogy a tér nem zárt.

A hangterjedési sebességen és azon túl a levegő összenyomhatónak bizonyul. Ez az ún. „kompresszibilitás“ halomra döntötte az aerodinamika korábban megállapított, kisebb sebességre vonatkozó törvényeit. A hangterjedési sebesség közelében a repülőgép már olyan erővel nyomja össze maga előtt a levegőt, hogy a hang rezgésénél sokkal erősebb, csillapíthatatlan nyomáshullámok keletkeznek. Ezt a jelenséget a levegő összenyomhatóságával kapcsolatos „átetés“-nek nevezzük.

A hangterjedési sebesség körüli ún. átmeneti tartományban az elméleti kérdések eleinte nem voltak teljesen tisztázhatók és a tíz év előtti kísérleti eszközök sem szolgáltatottak kielégítő eredményeket. Így elsősorban a gyakorlati repülőkísérletek tapasztalataira lehetett támaszkodni.

Amióta azonban olyan szélcsatornák is épülnek, amelyekben a hangterjedési sebesség hatszorosának ($M = 6$) megfelelő légáramlást lehet előállítani, a nagysebességű repülésnél fellépő jelenségek számos törvényszerűségét sikerült már felderíteni.

A hangterjedési sebességnél nagyobb sebességeknél a levegőrészecskék olyan erővel ütköznek a gépbe, hogy a sűrűlódás következtében hő fejlődik. E jelenségek és azok hatásainak vizsgálatával az aerothermodinamika tudománya foglalkozik. A legújabb kísérleteknél kiderült, hogy $M = 5$ (földközelben kb. 6000 km/ó) feletti sebességnél a levegőben vegyi

átalakulások mennek végbe. Ezek hatásairól ma még nem tudunk semmit. Ezt a problémát az aerokemodinamika tudománya teszi vizsgálat tárgyává.

A korábban említett 750—800 km/ó-s sebességek, valamint a hangsebességnél fellépő ellenállásnövekedés között látszólag ellentmondás van, hiszen tudjuk, hogy a hang sebessége 760 mm-es légnyomáson, 15 C° hőmérsékleten, a tengerszinten 333 m/sec, azaz kereken 1200 km/ó. Az ellentmondás azonban csak látszólagos, mert a légszavaras repülőgép egyes részei már 750—800 km/ó-nál elérhetik a hangsebességet. Ebből következik, hogy a repülőgép egyes részei gyorsabbak, mint maga a repülőgép?

Valóban, a légszavar végei jóval „gyorsabbak” a gépnél, mert amellet, hogy együtt haladnak a géppel, sebességüket még tovább növeli saját kerületi sebességük.

A légszavarokról már tudjuk, hogy ezek a közvetett hajtású repülőgépek legfontosabb alkatrészei közé tartoznak, s lényegében szárnynak tekinthetők. A légszavarak csúcsa teszi meg a legnagyobb utat egy időegység alatt a levegőben, ezért éri el elsőként a hangsebességet. A légszavarcúcsokon jelenik meg először az ugrásszerűen megnövekedett légellenállás, a körüláramlás helyett leváló, húzóerőt nem termelő lökeshullám. Ez egyrészt azzal jár, hogy a légszavarnak azok a részei, amelyek elérték a hangsebességet, „kiesnek” a húzóerőt termelő folyamatból, másrészt pedig a légellenállás szinte lefékezi a motort; ennek már nincs kellő teljesítményfeleslege a megnövekedett légellenállás leküzdésére. Ha ehhez még hozzávesszük, hogy a hanggátnál fellépő jelenségek bizonyos mértékig már M 0,8 értéknél kezdenek jelentkezni, világossá válik, miért nem tudja jobban megközelíteni a légszavaras repülőgép a hang 1200 km/ó-s sebességét.

AZ AERODINAMIKA ÚJ ÁGA

Kézenfekvő gondolat, hogy iktassuk ki a légszavart a repülőgép hajtásából, s így maga a gép különösebb teljesítménynövelés nélkül is elérheti a M 0,8-at, azaz 960 km/ó-t. Lényegében ezt tették a második világháború során, amikor a közvetett légszavaras hajtást felcserélték a közvetlen gáz-

sugárhajtással, nevezetesen annak turbina-sűrítő változatával.

Jól tudjuk, hogy a háború utolsó 12 hónapjában hatalmas lendületet vett a közvetlen hajtású, gázsugaras katonai repülőgépek építése, majd a háború befejezése után is óriási ütemben folytatták a közvetlen repülőgéphajtás legkülönbözőbb formáinak és hajtóműveinek fejlesztését.

Ugyanebben az időben — tehát még a második világháború idején fektették le a nagysebességű repülés elméleti alapjait is.

A nagysebességű áramlástannak az volt a legfontosabb feladata, hogy a nagyteljesítményű sugárhajtóművek mellé rendelkezésre bocsássa a megfelelő sárkányokat is. Tévedés lenne ugyanis azt hinni, hogy a gázsugárhajtóművek egyszerű beépítésével egy csapásra megoldottnak tekinthető a hangsebességet csaknem elérő (tehát azért még a hangsebességen aluli, idegen nevén *szubszonikus*) repülés problémája. A sárkány megfelelő kialakítása olyan nagy jelentőségű, hogy az aerodinamika eme új ágának megfelelő repülőgépek már az első pillantásra is más benyomást tesznek, mint légcsavaros elődeik.

Az első szembetűnő különbség a felületek sokkal tökéletesebb kialakításában mutatkozik. A 300 km/ó sebességnél gyorsabban nem repülő, fémből készült gépek burkolólemezeit közönséges szegecseléssel is össze lehet kötni, az M 0,5—0,8 értéket elérő gépeknél viszont a szegecsfejek ellenállása már olyan jelentős, hogy feltétlenül gazdaságos a süllyesztett fejű szegecs alkalmazása. A *transzszonikus*, tehát a hangsebesség körüli értékeket elérő gépeknél már a süllyesztett szegecsfej sem ad kielégítően sima felületet, ezért a lemezeket igen gondosan illesztik össze, a szegecsfejeket eldolgozzák, s a felületet külön simító eljárással — sokszor tükrőfényesítéssel — készítik a lehető legsimábbra. Itt egyre jobban tér hódít a ponthegesztés és a fémragasztás, amely teljesen sima felületeket ad.

Ugyancsak feltűnő a nagysebességű gépeknél a kiugró szerkezeti részek, hirtelen átmenetek, vastagodások stb. mellőzése. Ennek oka nemcsak a minél simább áramlás-elérése, hanem az is, hogy a nagy keresztmetszeti változások mentén felgyorsuló áramlás hamarabb éri el a hang sebességét.

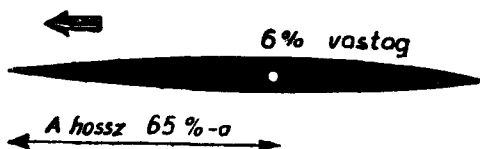
Van azonban a repülőgépnél olyan szerkezeti része, amelynél nem lehet mellőzni az ilyen átmeneti vastagodásokat, mert éppen a vastagodások következtében jön létre a felhajtóerő. Ez a szerkezeti rész természetesen a szárny.

A sárkány-rendszerű repülőgépek működési elveivel foglalkozó fejezetben láttuk, hogy a felhajtóerő részben a szárny állásszöge, részben pedig a profil, a szárnykeresztmetszet alakja révén jön létre. A szubszonikus profilok általában 10—12 százalékos profilvastagságúak, a legnagyobb vastagságuk a profil első harmadánál van. A százalékos profilvastagság azt mutatja meg, hogy a profil vastagsága hány százaléka a szárnymélységnek. Ez a helyi vastagodás természetesen jelentősen felgyorsítja a szárny felett haladó áramlást, s ezért ezen a ponton hamarabb létrejön a hangsebességű áramlás, mint a szárny többi részén.

E veszély elhárítására csupán egy lehetőség kínálkozik: minél kisebbre csökkenteni a profilvastagságot, azaz minél jobban ellapítani a szárnyat. A profilvastagság csökkentésének legegyszerűbb módjai: minél vékonyabbra — viszonylagosan vékonyabbra — építeni a szárnyat.

A profil elvékonyításának természetesen határai vannak. A repülőgép szárnyainak alakját gondos tervezői mérlegeléssel alakítják ki, s pontosan megszabják a szárny mélységét, azaz a profil hosszát. Egy 10 m hosszú vadászgépnél pl. mintegy

1,5 m körül lehet a szárnymélysége. A profil laposításának viszont a szerkezeti, szilárdsági követelmények szabnak határt. 15 cm-es vastagság alá nem lehet menni a szárny teherbírásának veszélyeztetése nélkül.

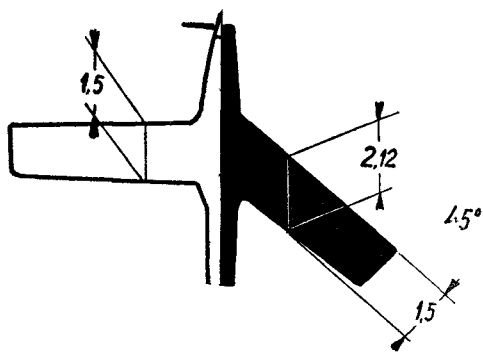


Nagysebességű korszerű repülőgép szárnyának keresztmetszete (profilja). A szárnyprofil jóval vékonyabb, mint a kis sebességekre tervezett gépeknél és a legnagyobb vastagság lényegesen hátrább került. A nyíl a repülés irányát jelzi.

Adva volt tehát a probléma, s a tervezők nekiláttak új megoldásokat keresni. Így jöttek rá a hátranyilazás ropant egyszerű megoldására. Abból indultak ki, hogy egy kellő szilárdságra épült, szokványos, mintegy 10 százalékos profilvastagságú szárnyat hátrahajlítottak. Tegyük fel, hogy a kísérleti szárny mélysége 1,5 m, vastagsága pedig 0,15 m, azaz 10 százalékos volt.

Ha a szárnyat 45° -os szögben hátrahajlítjuk, akkor a levegő a szárny mellső élére nem derékszögben, hanem át-lósan fog áramlani. Így a levegő a szárnyon áthaladva hoszszabb utat tesz meg, mint a hátrahajlítás nélküli szögállásánál. Az eredeti 1,5 m-es szárnymélység az adott esetben 2,12 m-re nőtt, anélkül, hogy a szárny vastagsága megváltozott volna. A profilvastagság 10 százalékos arányszáma azonban kisebb, tehát kedvezőbb lett, és pedig $0,15/2,12 = 0,07$ azaz 7 százalék. A hátranyilazás révén tehát 30 százalékkal csökkenthettük a profil viszonylagos vastagságát, anélkül, hogy a szilárdság rovására csökkenteni kellett volna a szárny tényleges vastagságát.

Ebből kézenfekvően következik, hogy kisebb viszonylagos profilvastagság eléréséhez jobban hátra kell nyilazni a szárnyat. Természetesen nem mehet ez sem a végtelenségig.



A szárny hátranyilazásának célja. Ugyanolyan szárnymélység mellett a levegő-áramlás nagyobb utat tesz meg a 45° -ra nyilazott szárnyon (2,12 m), mint az egyenes szárnyon (1,5 m).

Amilyen előnyös ugyanis a nagysebességű áramlás szempontjából a hátrahajlított szárny, olyan kellemetlen a gép súlypontvándorlásának és kis sebességnél való repülésének szempontjából. A nyilazott szárny felett áramló levegő kis sebességeknél mintegy lecsúszik oldalirányban a szárnyakról. Ennek megakadályozására a

szárnyak felső felületére — párhuzamosan a gép hossztenge-lyével — kis terelőbordákat építenek. Ezek sem gátolhatják meg ugyan teljes egészében az áramlás megcsúszását, de mindenesetre nagymértékben csökkentik ennek lehetőségét.

Általában nemigen találkozunk 45° -nál erősebben nyilazott szárnyakkal, 60° -os hátranyilazást csak a deltaszárny tesz lehetővé. Ezzel még behatóbban fogunk foglalkozni.

Kézenfekvő, hogy a kitűzött célt nemcsak hátranyilazással lehet elérni, hanem előrenyilazással is. Valóban, a repülőgéptervezők megpróbálkoztak ezzel a megoldással is. Az előrenyilazás azonban nem vált be, mert az előreahajló szárnyak kevésbé szilárdak, mint a hátrahajlók. Ebből azután következik, hogy sokkal hajlamosabbak a csavarodásra, rezgésekre. Az 1944-ben épült *Junkers Ju 288-on* kívül nem is tudunk más, előrenyilazott szárnyú nagysebességű repülőgépről.

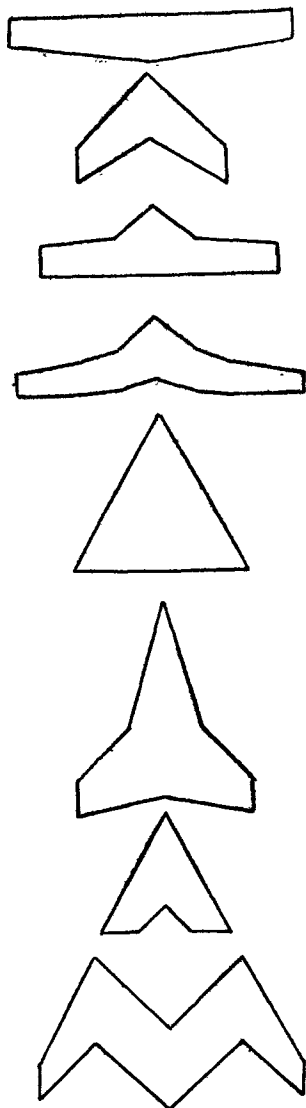
A nyilazott szárny a transzszonikus sebességeknél, azaz $M\ 0,8$ — $1,2$ értékeknél (földközeli 960—1440 km/ó) minden szempontból a legjobbnak bizonyult, s ez a magyarázata annak, hogy valamennyi gázsugárhajtású utasszállító gép a *TU—104*, *Comet*, *Caravelle* stb.) ilyen szárnyelrendezéssel készül. De az egyéb célra épített transzszonikus, sőt, még szubszonikus (hangsebességen aluli), de nagy sebességre épített gépek között is alig találunk más megoldást, túlnyomó többségük hátranyilazott szárnyú.

DELTASZÁRNYÚ REPÜLŐGÉPEK

A hátranyilazás mellett különösen az utóbbi időben egyre jobban tért hódít a deltaszárnyas megoldás is, mint a profilvékonyítás másik lehetősége. A jelenlegi sebességi világrekordot is deltaszárnyú gép (a *Fairey Delta II.*) tartja. 1822 km/ó-val — kereken $M\ 1,45$ —, sőt deltaszárnyú gép volt a korábbi világrekorder, a *Douglas F4D Skyray* is.

A deltaszárnyú gépek a görög ábécé negyedik nagy betűjétől, a deltától (Δ) kapták nevüket, ugyanis felülnézeti alakjuk nagyon hasonlít ennek alakjára.

De miért volt erre a különös szárnyalakra szükség, s milyen problémák oldhatók meg alkalmazásával? A hátranyilazás megoldásának ismertetésénél már rámutattunk, hogy



Különböző szárnyalakok felülnézetben. Felülről lefelé: Egyenes, nyílazott, félnyílazott, „kifli”, delta, ketős delta, hasított delta és „M”-szárny.

a repülőgépek nagysága megszabja a szárny mélységét is. A repülőgéptervezők igen merészen abból a megfontolásból indultak ki, hogy ha elhagyják a gép farokrészét, s csökkentik a szárny fesztávját, a szárny töve végighúzódhatik a teljes törzhossz mentén. Így igen nagy szárnymélységet kapunk, ami lehetővé teszi a viszonylagos szárnyvastagság csökkentését. Az olyan szárnyat ugyanis, amely töben pl. 6 m mély, 30 cm-es vastagság esetében is megfelelő szilárdságúra lehet építeni. Ez pedig 5%-os profilt jelent. Íme, a deltaszárny előnye.

Van azonban ezen a területen is probléma elegetendő. A deltaszárnyat ugyanis egészen hegyes végződésre kell építeni, mert a kísérlet tapasztalatai szerint csak így lehet kiküszöbölni a káros légáramlásokat. Ez pedig nagyon megnehezíti az építést.

A deltaszárnyak aránylag lassan terjednek el, részben az építési nehézségek miatt, részben pedig azért, mert egyéb nehéz problémák is jelentkeznek használatukkal. A nagysebességű

repülésnél nincsen baj, annál inkább a kissebességűnél, azaz a leszállásnál. A deltaszárnyakon ugyanis a nagy szárnymélység miatt a réseltszárny-megoldás és a különböző féklapmegoldások nem alkalmazhatók, ezen a módon tehát nem csökkenthető-jelentősen a leszállósebesség.

Csak az a megoldás marad: a deltaszárnyú gépnek nagy állásszöggel, feltartott orral, mintegy maga előtt tolva a levegőt, kell földet érnie. Ennek következtében a pilóta kilátása lefelé, maga elé — éppen a leszállás fontos mozzanatánál — erősen korlátozott.

VISSZA AZ EGYENES SZÁRNYHOZ

Megismertük a nagysebességű szárnyak kialakításának két érdekes módját: a hátranyilazást és a deltaszárnyat, s most mégis vissza kell térnünk az egyenes szárnyhoz. Az igen nagy sebességű — M 2 értéken felüli — kísérleti gépek alakját vizsgálva ugyanis azt látjuk, hogy a legtöbbjük ismét egyenes szárnyal épül.

Ennek magyarázatát ott kell keresnünk, hogy a hangsebesség körül fellépő áramlási zavarok a hangsebesség jelentős túlszárnyalása esetében csökkennek. A gép tehát „átugrotta” a hanggátat.

Ahhoz viszont, hogy egy repülőgép M 2 vagy ennél is nagyobb sebességet érjen el, olyan nagy teljesítmény szükséges, amely biztosítja, hogy a transzszonikus nehézségeken a gép szinte áttörje magát. Ha pedig ez megtörténik, akkor nincs értelme a nyilazott vagy deltaszárnyú építési módszernek. Annál is inkább, mert az egyenes szárny lassan-repülő tulajdonságai sokkal jobbak az előbbi kettőnél.

A szuperszonikus gépek többsége — pl. az X—1 kísérleti gép, az F—104 vadászgép, az X—7 pilóta nélküli repülő-szerkezet — mind egyenes szárnyal épült. Szárnyprofiljuk természetesen olyan, mint a kés, 3—5 százalékos. Az is érdekességük, hogy a belépőél kés-szerű kialakítása következtében a nyomásközpont és ezzel a profil legnagyobb vastagsága erősen hátratulódik. Még feltűnőbb a profilok szimmetrikus kialakítása, hiszen a szubszonikus légáramlástan egyik alaptétele volt, hogy a felhajtóerő főként a profil aszimmetriája, görbülsége következtében jön létre.

A hangsebességű profilok esetében a szárnyhajlásszög biztosítja a felhajtóerő keletkezését, mert még minimális hajlásszögeknél és szimmetrikus profiloknál is elegendő felhajtóerő keletkezik a nagy sebesség következtében.

VESZÉLYEK A HANGSEBESSÉG KÖRÜL

Vázlatosan beszéltünk már a hangsebesség körül fellépő áramlási jelenségekről, okairól, de még nem mutattunk rá, hogy hogyan hatnak ezek a jelenségek a repülőgépek vezetésére.

A már ismertetett áramlási jelenségek következtében ugyanis különböző gépmozgások és kormányzási zavarok lépnek fel. Eredetük arra vezethető vissza, hogy a gép körül körüláramlás helyett leváló lökéshullámok keletkeznek, s így az áramló levegőben helyi jellegű, változó irányú, helyű és erősségű légnyomásváltozások állnak elő. Lényegében tehát erősen megváltozik a szárnyak körül a levegőáramlás képe. A változás olyan jelentős is lehet, hogy valósággal „megfordítja” a gép egyensúlyi helyzetét. A szárny egyes pontjai felett létrejövő helyi felhajtóerő-képződések csavarásra veszik igénybe a gépet.

E jelenségek következtében megtörténhet, hogy a kormányok hatása igen lényegesen csökken. De még az is nehezíti a helyzetet, hogy a szárnyakról távozó, leváló, örvénylő levegőhullámok a farokrész felé távozva, lehetetlenné teszik, „árnyékolják” a magassági kormány működését. Ez ismét tovább nehezíti a gép vezetését.

Képzeljük el magunkat egy 1000 km/ó sebességgel repülő gép pilótájának helyébe, aki azt tapasztalja, hogy gépe váratlanul rezgésbe, majd lengésbe jön, a kormányokkal nem tudja a kívánt hatást elérni stb. Természetes, hogy azokkal a gépekkel, amelyeknek nincs elegendő tolóerőfeleslegük a kritikus M -értéken való túlhaladáshoz, nem célszerű a hangsebesség körüli repülés. Ezért az ilyen gépek sebességmérőjén piros vonal figyelmezteti a pilótát: ne lépje át a kritikus sebességet.

Hogy mennyire szükség van erre a figyelmeztetésre, annak bizonyítására egy svájci repülőbaleset példáját idézzük. Franciaországból gyakorlórepülésre szállt fel egy 3 db

F—84 (egyenes szárnyú szubszonikus gázsugarhajtású) vadászgépből álló raj. A rádiónavigációs berendezésekkel jól felszerelt vezérgépen repült a rajparancsnok. Emelkedő repülés közben — 4000 m magasságban — felhőbe repültek, azzal, hogy áttörik a felhőt. A felhő azonban vastagabb volt, mint ahogyan azt a meteorológiai jelentésben jelezték, s ezért az egyik gép elveszítette a szem elől a parancsnokot. A gyakorlatlan pilóta, felhőben repülve, idegességében túlrepülte a kritikus Mach-értéket. A gép váratlanul rezgésbe, majd lengésbe jött. Ezt még jelentette rádión a vezetője.

Ezt követően a lengések olyan erőssé váltak, hogy a pilóta egyszerűen kiszakadt az ülésből, feje fölött áttörve az erős plexit-fedelet. Az ütéstől eszméletét veszítette, így nem nyitotta ki ejtőernyőjét, ájultan a földre zuhant és szörnyethalt. A kiszakadást a gépben maradt és elszakadt ejtőernyőhevederek, valamint a pilóta lábáról leszakadt cipője is bizonyította. A gép ezután lelassult, s aránylag hosszú utat megtéve, viszonylag sértetlenül zuhant egy hómezőre.

A szóbanforgó **F—84-es** gép 1946-os típus, s azóta bizony sokat fejlődött a repüléstechnika. A fejlődés során helyezték például magasabbra a transzszonikus gépek magassági kormányát, elkerülve ezzel, hogy a szárnyakról leváló lökeshullámok „árnyékába” kerüljenek.

A „HANGSEBESSÉGI DÖREJ”

Ha már a hangterjedési sebességnél fellépő jelenségek-nél tartunk, nézzük csak, hogy hogyan keletkezik az a hatalmas robbanásszerű dőrej, amelyet 1957 tavaszán Budapesten is több ízben lehetett hallani.

A hang tudvalevőleg gömbalakban terjed. A mozdulatlan hangforrás körül számtalan, természetesen láthatatlan „hanggömb” alakul ki, amelynek közös középpontja a hangforrás. Ha már most a hangforrás, például a repülőgép, halad, a gömbök középpontja eltolódik egymástól, mégpedig annál nagyobb mértékben, minél nagyobb a haladás sebessége.

Abban a pillanatban, amikor a repülőgép eléri a hangterjedési sebességét, az összes hanggömbök felülete egy pont-

ban érintkezik. Az összes hangoknak ez a hirtelen végbe-
menő összpontosulása okozza a nagyerejű hangjelenséget.

A repülőgép sebességének további fokozása esetén a
gömbök felületei ismét széthúzódnak. Amint azonban a re-
pülőgép sebessége csökkenve megint eléri a hangterjedés
sebességét, újabb dörej keletkezik. Az első a belépő, a máso-
dik a visszalépő dörej.

Mindkét dörej olyan erős léghullámokat kelt, hogy
károk is keletkezhetnek. Ha a repülőgép kis magasságban
éri el a hangterjedési sebességet, a talajon olyan erős nyo-
más áll elő, amely megfelel a legnagyobb szélviharok nyo-
másának.

MILYEN LEGYEN A TÖRZS?

A szárnyalakok megválasztásával természetesen nem
merül ki a nagysebességű repülőgépek kialakításának prob-
lémaköre. Milyen további követelményeket támaszt a re-
pülőgépek tervezésénél a nagy sebesség?

Már említettük a Fairey Delta sebességi világcsúcstartó
gépet. Ez a gép sok egyéb szempontból is igen érdekes.
Fényképén például szembetűnően hosszú, hegyes orrt lát-
hatunk. A hegyes „lándzsa-orrt” sem a véletlen alakította
ki, hanem igen gondos kísérletek után formálták ilyenre.
A szárnyprofiloknál már láttuk, hogy az egyenes szárny
késszerű kialakítása igen kedvezően befolyásolja a szárny-
profil áramlási tulajdonságait. Lényegében ugyanez a célja
az orr karcsú, lándzsaszerű kialakításának is: megakadá-
lyozza, hogy a törzsorron káros áramlások képződjenek.

Ha már a Fairey Deltánál tartunk, említsük meg azt
is, hogyan védekeznek a deltagépek nagy hátránya ellen; az
ellen, hogy a pilóta a deltaszárny szerkezeti okaiból adódóan
nem látja jól maga előtt a talajt leszálláskor. A Fairey-gép
hegyes törzsrát úgy alakították ki, hogy az orr pilótástól,
műszerestől együtt 15°-os szögben lefelé hajlítható. A le-
hajlításnak az a célja, hogy a nagy hajlásszöggel, tehát fel-
tartott orral földet érő gép pilótájának visszaadja a magasra
nyúló orr által elvett kilátást.

De nemcsak a transzszonikus sebességű repülésre épült
gépek törzsének kialakítását befolyásolja a nagysebességű

áramlás, hanem már a jóval lassúbb, $M\ 0,7$ legnagyobb sebességű utasszállítók törzsét is az áramlás követelményeinek megfelelően kell kialakítani. Ezért a korszerű utasszállítógépek törzsének orrát is teljesen simára alakítják ki, a pilótafülke ablakai például tökéletesen beleolvadnak a törzs vonalába.

Az is jellemző a nagysebességű gépek törzsének kialakítására, hogy fokozatosan, egyenletesen vékonyodnak el, hogy tökéletes áramvonalaikkal gátolják a fékező örvények keletkezését.

HOL LEGYENEK A HAJTÓMŰVEK?

Ebben a tekintetben érdekes problémát vet fel a hajtóműveknek a szárnyakba való beépítése is. A feladat kézenfekvő: a hajtóműveket úgy kell elhelyezni a szárnyban vagy a szárnyra, hogy a lehető legkevesbé bontsák meg a szárny légáramlástanai kialakítását, valamint szerkezeti elemeit, a főtartót, bordákat stb. De az is fontos, hogy a több hajtómű egyikének üzemzavara esetében ne jöjjön létre túlságosan nagy oldalazó nyomatek, s a hajtóművek cseréje, javítása könnyű legyen.

A hajtóművek elhelyezésére több megoldás jött létre. Jellegzetes az amerikai megoldás, amelynél a hajtóműveket a szárnyak alatt előre, lefelé nyúló tartókon elhelyezett gondolákba építik. Ezen a módon elérhető, hogy a szárny jóformán teljesen egységes, megbontatlan vonalú, a szárny és a törzs csatlakozása zavartalan. A gondolákban elhelyezett és a repülőtérén, hangárokból a földről jól elérhető hajtóművek javítása, cseréje könnyű és egyszerű. Több (4—8) hajtóművet alkalmaznak, s a valamilyen okból leállt hajtómű kiesése révén létrejövő oldalazó-nyomatekot úgy egyenlítik ki, hogy a másik szárnyoldalon is leállítják a megfelelő hajtóművet.

Ennek a megoldásnak az az előnye, hogy a szárny teljesen vékonyra építhető. A vékony, rugalmas szárny pedig csak látszólag gyengébb, a valóságban azonban erősebb, mert a levegő mozgásait rugalmassága egyenlíti ki, nem pedig az egész gép, a törzsnek is átadva a terheléseket.

A szovjet és az angol tervezők viszont azt mondják,

hogy a külön gondola külön légellenállás. Miután úgy is szükség van arra, hogy a törzs és a szárny közötti átmenet fokozatos legyen, a szárnyat töben erősen megvastagítják. De hogy ez a megvastagítás ne rontsa a nagy sebességeknél olyan fontos profilvastagságot, a szárnytőt erősen meghosszabbították. Az ilyen rendszerű szárnyak nagy ívvel, átmenettel csatlakoznak a törzshöz, ellentétben az amerikai megoldással, amelynél mintha csak „átdugták” volna a törzson a szárnyat.

A megvastagításnak természetesen célja van: a hajtóművek befogadása. Ezen a módon azonban csak kevésszámú (maximálisan 4) hajtómű kerülhet beépítésre. Kissé körülményesebb a hajtóművekhez való hozzáférés, mint az amerikai megoldásnál, nehezebb a szárnycsatlakozás szerkezeti kialakítása is.

A szárnytőbe való motorbeépítés egyik ügyes megoldását láthatjuk a szovjet TU—104 aránylag hosszú hajtóműveinél. Ennél a gépnél a hajtóművek igen közel a törzshöz rá vannak építve a szárnyra. A törzs és a hajtóművek között már nincs szárnyrész, így közvetlen a hajtómű-törzs átmenet. Az átmenet igen hosszú profilt tesz lehetővé, amelynek természetesen a kis profilvastagság az előnye.

A franciák „Caravelle”-típusú gázsugarhajtású utas szállítógépeiken egy-egy hajtóművet hátul, a törzs két oldalán helyeztek el. Ez a megoldás igen előnyösnek mutatkozik és lényegesen fokozza az utazás kényelmét, mert a hajtóművek okozta zaj a minimumra csökken.

„DARÁZSDEREKŰ” REPÜLŐGÉPEK

A nagysebességű gépek farokrészének, a kormányoknak kialakítása lényegében alig változott. Még ma is csaknem valamennyi gépen megtaláljuk a függőleges vezérsíkot az oldalkormánnyal és a vízszintes csillapítósíkot a magassági kormányval. A magassági kormány sok esetben balansz-rendszerű, azaz nemcsak a hátsó része, hanem egész felülete elmozdul. Jóformán kivétel nélkül minden kormány nyilazott, s valamennyi magassági kormány magasra van építve, nehogy a szárnyról kilépő áramlás „leárnyé-

kolja". A nyilazott farokrészt egyébként még azoknál a gépeknél is megtaláljuk, amelyeknek szárnyai egyenesek.

1952-ben a deltagépek építésében élenjáró amerikai *Convair-gyár* új vadászgépet tervezett. A gép az amerikai vadászok sorában a 92., ezért az XF—92 típusszámot kapta. (X a kísérleti gépek jele, F pedig az angol *fighter*-vadász rövidítése.) A gépnek vízszintes repülésben túl kellett volna repülnie a hang sebességét, az M 1 értékét. Ezzel szemben a berepülés folyamán a gép nem akart többet „mennni“ M 0,8-nál. Hiába volt a számítások ellenőrzése, újabb példány gondosabb építése, az eredmény nem javult.

Csakhamar akadt azonban egy fiatal aerodinamikus, aki megoldotta a talányt új elméletével. Elméletének az volt a lényege, hogy az áramlás akkor változik jelentősen, amikor a törzsorr körüli áramlás már elérkezik a szárnyhoz. Itt ugyanis a gép homlokfelülete hirtelen megnő, mert eddig csak a törzsorr keresztmetszetének felülete állt szemben az áramlással, most ehhez hirtelen hozzáadódik a szárny elől-nézeti felülete is. A homlokfelület megváltozásának eredményeként olyan áramlások lépnek fel, amelyek valósággal lefékeznek a gépet.

A fiatal mérnök azt javasolta, hogy ott, ahol a szárny csatlakozik a törzshöz, szűkítsék annyival a törzs keresztmetszetét, amekkora a szárnyak homlokfelülete. Utána szüntessék meg a szűkítést, s ismét növeljék a keresztmetszetet az eredetire. Hátul, ahol a gázugár kiáramlik a gépből, ismét növeljék a keresztmetszetet, hogy ne legyen hirtelen, átmenet nélküli a törzs végződése. A szűkítések és bővítések természetesen átmenettel történjenek, lágyak, fokozatosak legyenek. Az elképzelést a számítások és a szélcsatorna-kísérletek is igazolták. A gyár ráállt a kísérletre, s egy F—92-es gépet „átszabtak“, derekát „behúzták“, egészen olyan lett, mint a darázsderék.

Az eredmény felülmúlta a várakozást: a gép ugyanazzal a hajtóművel, amellyel korábban nem tudta túlhaladni az M 0,8 értéket, most elérte az M 2-t. A változtatás tehát nem volt jelentős, annál inkább a teljesítmény növekedése. Ezért aztán a gépnek új típusjelzést is adtak, ez lett az F—102.

Noha a darázsderék megnehezíti a gyártást, s bonyolul-

tabbá teszi a törzs szerkezeti kialakítását, a hátrányoknál jóval nagyobbak az előnyei, s ma már egyre több gép repül a nemrég felfedezett „darázsderékkel“.

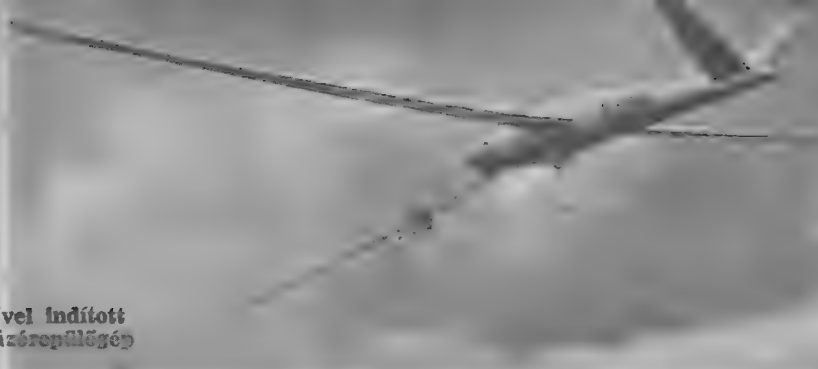
FÉKEZÉS A FÖLDÖN ÉS A LEVEGŐBEN

A deltaszárnyak ismertetésével kapcsolatban már utaltunk arra, hogy a nagysebességű szárnyaknak „kellemetlen“ tulajdonságai is vannak, mégpedig a kis sebességű repülésnél, azaz a leszállásnál. A siklási sebesség csökkentésének eszközeit, a réselt szárnyat és a féklapokat már ismerjük a sárkánygépekkel foglalkozó fejezetből. A siklási sebesség csökkentésére a nagysebességű gépeknél is ezeket az eszközöket használják. De ezek önmagukban nem elegendők. Csökkentik ugyan a leszállósebességet, de a nagysúlyú, kis felületű gépeknél még féklapok, réselt szárnyak alkalmazásával is több km-es kifutásra van szükség. Ezen a kerekek fékezése is csak részben segít, ugyanakkor pedig tekintettel kell lenni arra, hogy a hirtelen fékhatás orra bukthatja, az egyoldalúan erősebb fékhatás pedig bepördítheti a gépet.

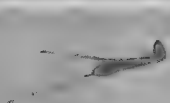
A tervezők ezért jobb megoldásokat kerestek a nagysebességű gépek kifutás közbeni fékezésére. Az alapgondolat már régebben adva volt: a német *Do-217* bombázógépen olyan légféket használtak, amely fémlapokból készült, s esernyőszerűen szétnyílt a gép farokrészeiben. A fékezésnek ez a módja igen hatásos volt, s nem igyekezett repülési irányából kitéríteni a gépet.

A korábbi elgondolást a vegyészet új anyaga: a nylon segítségével fejlesztették tovább. Olyan, nylon-csíkokból összeállított ejtőernyőket készítettek, amelyeket a gép farokrészből lehetett kiengedni. Amikor a gép földet ér, kiengedi fékernyőjét — sokszor nem is ernyő, hanem egész ernyőcsokor —, s a fékhatás szinte visszahúzza a gépet. Ha kell, az ernyők egyetlen mozdulattal szabadíthatók, s a gép már újra a levegőbe emelkedhet. Egy ernyőt 5—8 alkalommal lehet használni. Természetesen nemcsak egy ernyő van a farokrészen, hanem 3—5 is, hogy hiba esetében újabb féket lehessen kiengedni.

Bármennyire is ötletes ez a megoldás, valahogyan érezni



**Csürlővel indított
vitorlázórepülőgép**



**Vitorlázórepülőgép
a vontatókötélen**



**Két vitorlázógépet
vontat fel egyszerre
a magasba a motoros
repülőgép**





A 20-104, a Navy's first submarine, is being launched from the
hull of the battleship, and is being launched from the
gunport located in the hull of the battleship.





Az angol „Comet Mark IV.” négy gázturbinás, sugárhajtású utasszállító-gép, amely most végzi próbarepüléseit és előreláthatólag 1959-ben vesz részt a forgalom lebonyolításában. Utazósebessége 870 km/óra



A francia „Caravelle”-t két. a törzs hátsó részén elhelyezett gázturbinás sugárhajtómű hajtja



Az amerikaiak „Boeing 707” négy gázturbinás, sugárhajtású utasszállító-gépe. A hajtóművek összesen kb. 29 000 kgp tolóerőt fejtenek ki. Utazósebessége 940 km/óra. Próbarepülései alkalmával a gép már 1114 km/óra sebességet is ért el. Különböző változataiban 120—170 személyt szállít kb. 7000 km távolságra





A „Caravelle” mintapéldányai
eddig már több száz óra pró-
barepülést végeztek. Utazó-
sebessége 800 km/óra



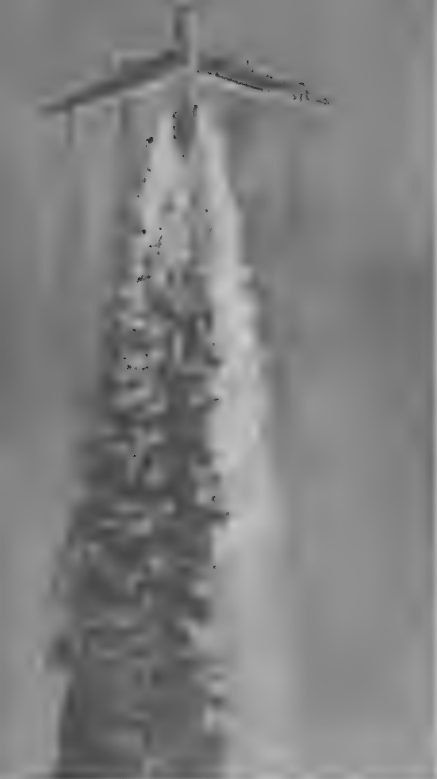
Az amerikai B-52 160 tonna repü-
lésképességű bombázó. Nyolc hajtóművét
törzsgondolákban helyezték el. Se-
bessége 1000 km/óra. 1957. január
16-17-én három B-52 leszállás
nélkül 45 óra 10 perc alatt repülte
körül a Földet csaknem 40 000 km
távolságot téve meg



Csúcsárhajlású vadászgép lezárlása féltérny-
vel. A lezárlás sebessége és a kifutás távolsága
egy lényegesen mélyebben



Az ábrák a lezárlás sebességét és a kifutás távolságát mutatják. A lezárlás sebessége és a kifutás távolsága egy lényegesen mélyebben



**Gázsugarhajtású bombázógép
felszállása indítórakétákkal**



**Az amerikai „Starfighter”
vadászgép, amely a hangter-
jedési sebesség kétszeresével
repül. Késélességű szárnya a
törzstől a szárnyvégig mérve
mindössze 2,3 m hosszú**



Gázsugarhajtású repülőgép sugárféke. A gázsugar nem hátul, a fúvócsövön, hanem az oldalnyíláson áramlik ki. Az erős fékhatás következtében a kifutás távolsága a felére csökken

Egy fémből készült repülőgép-modellt a rakéta fúvócsövéből kiáramló, 1650 C-fok hőmérsékletű gázok hatásának tettek ki. Ez a hőmérséklet felel meg a 7200 km/óra = 2 km/mp sebességnél fellépő sűrűdési hőnek. Alsó kép: az ép modell. Középső kép: néhány másodpercnyi megfuvatás után a szárny belépő élel kezdenek olvadni. Felső kép: rövidesen az egész modellen olvadás lép

fel





Az indítórakéták
segítségével
a vadászgép
magasságot



A hang sebességénél nagyobb
sebességű légáramlattal megfű-
vott repülőgépmmodell képe. a)
modell; b) lökéshullámok; c)
tartónyél



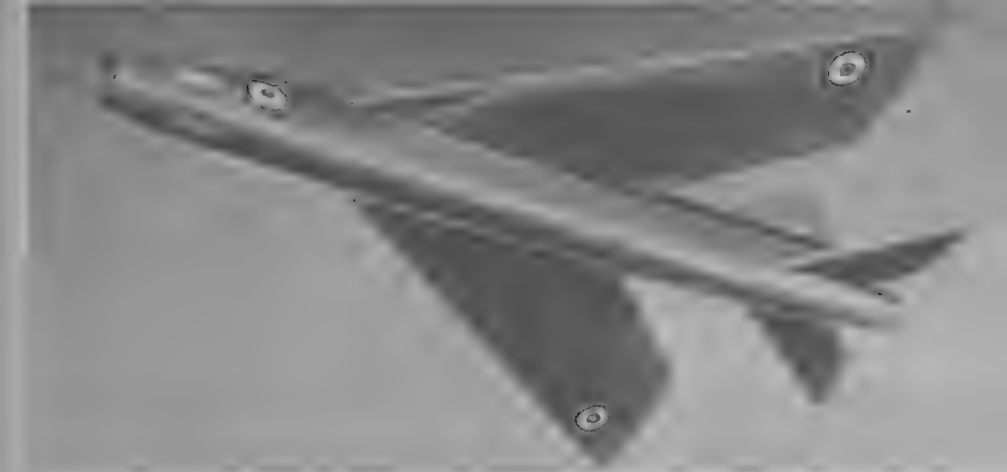
A Szovjetunió deltaszárnyú
vadászgépe, amely már 1600
km/óra sebességgel is repül



Az Avro A 626, az angolok első deltaszárnyú gépe. A szárny elei olyan vastag volt, hogy abban utasok lettek volna elhelyezhetők. A gép próbarepüléseinél lezuhant

A Convair B-36, a világ egyik legnagyobb bombázója. Az óriásgép tíz hajtóművel repül





Erősen hátranyilazott szárnyú angol vadászbombázó

Az angol Avro deltaszárnyú bombázó újabb változata



**Ezt a 120 tonna repülősúlyú óriásgépet eredetileg 18 000 lóerő össz-
teljesítményű dugattyús motorok hajtották. A motorokat utóbb gáz-
turbínás sugárhajtóművekre cserélték ki**





A TUG—75, a Szovjetunió hat, egyenként 5500 lóerős légsaváros gázturbinával hajtott bombázó-gépe



A Szovjetunió Iljuszín 28—2 jelű, két gázturbinás sugárhajtású gyors-bombázója



A Szovjetunió másik, négy-légsaváros gázturbinával hajtott bombázó-gépe



A Szovjetunió különböző típusú csapóhajítású vadászgépei, amelyek mind a hangterjedési sebességet meghaladó sebességgel repülnek







**Az angol Fairey Delta II.,
amely 1822 km/óra sebességgel
a hivatalos sebességi vi-
lágrekordot tartja**



**Az angol Gloster Javelin
deltaszárnyú éjjel-
nappali vadászgép.**

**A 2000 km/ó. sebességgel re-
pülő, kb. 4 perc alatt 15 km
magasságig emelkedő „Tri-
dent” II. francia vadászgép
rakétalövedéket visz magával
a törzs alatt**



rajta, hogy csak a szükség hívta életre. Ezért mind jobbal, tökéletesebbel kísérleteznek helyettesítésére.

Nemcsak a leszállásnál van szükség ugyanis hirtelen fékezésre, hanem máskor, repülés közben is szükség lehet erre. Tudjuk pl., hogy a gázsugárhajtású vadászgépnek nagy sebességük következtében nincs elegendő idejük a célzásra, lövedékeik kilövésére. Annak viszont nincs értelme, hogy a gép fokozatosan, már előre csökkentse sebességét, mert ezzel elveszti nagy sebességének előnyeit. Ilyenkor pillanatnyi fékezésre van szükség.

Ezt a feladatot jól megoldják a német Do—217 farokfékének elvén működő kis féklapocskák. Ezeket rendszerint a repülőgép törzsének hátuljából, vagy a törzs két oldalából hidraulikus úton, oldalra tolják ki. Felületük kb. 0.5 m^2 .

De hasonló célokra találkozunk a szárnyakból kitolható kis lapokkal is, főként a deltaszárnyú gépeknél. Ezeknél ugyanis a törzsön nehéz a féklapokat elhelyezni, mert a szárnytő csaknem az egész törzs hosszán végighúzódik.

Az ilyen aerodinamikai fékek mellett igen érdekesek a sugárfékek is. Hatásuk arra épül, hogy a gázsugárhajtás iránya fordított a kiáramló gázsugáréval. A hátrafelé áramló gázsugár tolóereje tolja előre a repülőgépet. Ha tehát megfordítjuk a gázsugár irányát, nem előretoló, hanem visszatoló, azaz fékező erő jön létre.

A gázsugár megfordításának több megoldását ismerjük. A szovjet TU—104-es utasszállítógépen pl. erős fémrudon két szétnyitható félgömb nyúlik a hajtómű kiömlőnyílása mögé. A kiáramló gázsugár nekiütközik a félgömböknek, s iránya megfordul.

Egy másik megoldásnál a szétnyitható félgömb benne van magában a hajtóműben. Akad olyan alkalmazás is, amelynél függőleges kis lapocskák tolhatók a gázsugár útjába. Az általuk visszafordított sugár a gép oldalán levő kis nyíláson lép ki.

A sugárfordító fékeknek nagy előnyük, hogy nemcsak fékezésre használhatók, hanem megkönnyítik a gép földi mozgását is. Az egy hajtóműves gépeknél pl. a gázsugár segítségével hátrálni is lehet a földön, a több hajtóműves gépeknél viszont az egyik oldalon elhelyezett hajtómű előre-, a másik oldalon levő hátra-működtetésével egyhelyben megfordíthatják a gépet.

Amikor a hanggát legyőzése után már-már úgy látszott, hogy a repülési sebesség növelése előtt elvileg nincs több akadály, csakhamar rá kellett jönni arra, hogy ennek újabb, „átugorhatatlan“ akadály áll az útjában: a *hőfal*.

A hőfal jelensége a nagysebességű repülőgépek alkatrészeinek veszélyes felmelegedésében, felhevülésében, sőt felizzásában nyilvánul meg. A hőt a replógép felülete és a körülötte áramló levegő súrlódása idézi elő.

Általában azt hiszik, hogy súrlódási hő csak igen nagy sebességeknél jelentkezik. A valóság az, hogy egy 500 km/ó sebességgel haladó repülőgép törzsének felülete is mintegy 15 C°-kal melegszik fel a körülötte áramló levegő súrlódásának hatására.

Az ilyen kis hőmérsékleti értékek természetesen nem okozhatnak különösebb zavarokat. A baj ott kezdődik, amikor a felhevülés olyan értéket ér el, amelyen a szerkezeti anyagok is elveszíthetik szilárdságukat. De még a kisebb (30—50 C°) értékű hőmérséklet-emelkedések is veszélyesek lehetnek a legértékesebb „alkatrészre”, a pilótára. A hőmérséklet emelkedése ugyanis előbb-utóbb a pilóta rosszullétéhez vezet, de még jelentéktelen értékeknél is felléphet a rossz közérzet, figyelmetlenség stb.

Tegyük fel azonban, hogy a korszerű szellőztetőberendezések, hűtőszerkezetek segítségével a hőemelkedés okozta kellemetlen hatásoktól a pilóta megvédhető. Hiszen zárt fülkében ül, amelynek hűtése nem megoldhatatlan probléma. Ezzel szemben megoldhatatlannak látszik a külső felületek hűtése. Ezek ugyanis mindenképpen érintkeznek a levegővel. Először is a műanyagból, plexitből készült kabintető lágyul meg, hiszen tudjuk, hogy ez a műanyag a hő hatására rohamosan elveszti szilárdságát. A meglágyulás könnyen a belső nyomástól feszített kabin szétrobbanásához vezethet. Hogy ez milyen következményekkel jár, az könnyen elképzelhető.

Első lépésként tehát a nagysebességű gépek pilótafülkéjének burkolatát kellett kicserélni, illetve a lehető legkisebbre kellett kialakítani. Így születtek meg a kicsiny, hajóorrszerűen éles, kvarcüvegből készült kabintetők.

Nem kevésbé fontos probléma volt az üzemanyag forrásának megakadályozása sem. A megoldás: az üzemanyagtartályokat jó hővezető, könnyen hűthető anyagokból építik. Egy korszerű kísérleti repülőgépbe sokszor olyan bonyolult elektromos hűtőberendezéseket építenek be, amelyeknek teljesítménye vetekszik egy-egy hűtőház gépeivel.

Az igazi nehézség azonban azoknál a hőmérsékleti értékeknél jelentkezik, amelyeknél a szerkezeti anyagok megélgynak, vagy megolvadnak. A legismertebb szerkezeti anyag, az alumínium pl. 658°C -on megolvad, de szilárdságából már 200°C -on jelentősen veszít. A duralumíniumból, illetve más alumíniumötvözetekből épült nagysebességű repülőgépeknél tehát számolni kell azzal a veszéllyel, hogy felületük felizzik, megélgynak, s aránylag könnyen törést szenvednek.

VISSZA AZ ACÉLHOZ

A súrlódási hő okozta veszélyek elkerülésére néhány esztendő óta új szerkezeti anyagokat alkalmaznak a repülőgépépítésben. A legfigyelemre méltóbb megoldást a titán alkalmazása hozta. A titán olvadási hője ugyanis magas, fajsúlya viszont nem sokkal több az alumíniuménál. Így egyesíti magában a hőálló, nagy szilárdságú ötvözet előnyeit az alumínium könnyűségével.

A szuperszonikus sebességeknél azonban már a titán alkalmazása sem kielégítő. Ezeknél a gépeknél — mint pl. a 3400 km/ó sebességet elért kísérleti X—2 jelű gépnél — még a titánnál is hőállóbb anyagokat kellett alkalmazni. Ilyen anyag pl. a rozsdálló acél. Igaz, fajsúlya megközelítően háromszorosa az alumíniuménak, a súlytöbblet azonban az ilyen nagyteljesítményű rakétahajtóműves kísérleti gépeknél nem annyira jelentős, amennyire fontos a súrlódási hő okozta kilágyulás elkerülése.

A súrlódási hővel kapcsolatos jelenségekkel szerte a világon elmélyülten foglalkoznak a kutatólaboratóriumokban. Ahol pl. a kísérleti modelleket nem tudják megfelelően nagy sebességet előállító szélcsatornában elhelyezni, ott gázsugárhajtóművekből kiáramló, nagysebességű, forró gázsugárban végeznek velük kísérleteket. Ezen a módon lehetőség nyí-

lik arra, hogy az egyes anyagok tulajdonságait, viselkedését összehasonlítsák és vizsgálhassák.

A hőfal problémája tehát korántsem oldható meg olyan „könnyen“, mint a hanggáté. A hanggát ugyanis a hangsebesség túlszárnyalása esetében megszűnik, a súrlódási hő viszont a sebesség további növelésével fokozatosan tovább emelkedik. Itt tehát nem valamilyen „gát“ átugrásáról van szó, hanem mindig magasabbra emelkedő akadály állandó leküzdéséről. A repüléstechnikusok mellett most a fémkohászokon, matellurgusokon van a sor, hogy a megfelelő anyag megalkotásával segítsék a repülés e legújabb problémájának leküzdését. A III. fejezetben már megemlékeztünk azokról a sikerrel biztató kísérletekről, amelyeket az ilyen fémek előállítására folytatnak.

KÍSÉRLETI „NYULAK” A LEVEGŐBEN

Nem lenne teljes a nagysebességű repülésről adott beszámolónk, ha nem mutatnánk be azokat a kísérleti gépeket, amelyeket a nagysebességű repülés egyes problémáinak megoldására, vizsgálatára építettek, s egészen 38 500 m magasságig, valamint 3400 km/ó sebességig próbálták ki. A gépekben pilóták ültek, akik a repülés során csak az irányítás, vezetés teendőit látták el, a műszerek, berendezések ellenőrzését önműködő felvevő- és rádióberendezések rögzítették, illetve továbbították a földre.

A kísérletek során használták az imént már említett X—2 gépet, valamint elődjét az X—1-et, a tömör anyagból hengerelt szárnyú X—3-at, a „repülő tört“ és még jónéhány, kifejezetten kísérleti célra épült, s ezért egyszerűen csak X-szel és sorszámmal jelzett repülőgépet.

A rakétahajtású X—1 és X—2 gépeket anyagép törzse alá szerelve vitték fel 10 km magasságig. Ott lekapcsolták, siklásba mentek át velük, majd fokozatosan bekapcsolva a rakétahajtóműveket, meredeken kezdtek emelkedni. A sugárhajtással való emelkedés végén érték el a gépek legnagyobb sebességüket, majd a hajtóművek leállta után lendületük vitte tovább őket pályájuk legmagasabb pontja felé. Ezután egyre gyorsulva jutottak vissza a sűrűbb légkörbe, ahol a levegő súrlódása lefékezte óriási sebességüket. A le-

szállás siklórepüléssel történt, s ezért érthető, hogy 43 km hosszú futópályát építettek a hajtómű nélkül, tehát pontosan ki nem számítható helyre érkező, nagy leszállósebességű gépek részére.

A rakétahajtóműves X-ek jelentős része az üzemanyag vagy a túlhűtött $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatti folyékony oxigén felforrása, felrobbanása következtében pusztult el. Repüléseik csak néhány percig tartottak, de e néhány perc alatt is felbecsülhetetlen értékű adatokat szolgáltatottak a repülőgéptervezőknek. Alkalmazásuk révén sok olyan jelenséget, adatot ismerünk meg, amelyek ma még nagyon érdekesek, de holnap már mindennaposak lesznek a nagysebességű repülésben.

HELYBŐL FELSZÁLLNI, KIFUTÁS NÉLKÜL LESZÁLLNI — FORGÓSZÁRNYÚ REPÜLŐGÉPEKKEL

A merevszárnyú repülőgépekkel kivívtuk annak a lehetőségét, hogy légi úton biztonságosan szállíthassunk árut és embert olyan sebességgel, amilyent sem szárazföldi, sem vízi járművekkel nem tudunk elérni. Az ember azonban ritkán van megelégedve az eredményekkel, s mind jobbák elérésére törekszik. Fokozottan vonatkozik mindez a közlekedésre.

Merevszárnyú repülőgépeinkkel már a 2000 km/órás sebességnél tartunk, de ennek a sebességnek szinte csak a felét tudjuk a rendszeres, biztonságos közlekedés szolgálatába állítani.

A nagysebességű repülőgépek le- és felszállásához ugyanis A-osztályú repülőterekre van szükség. A megjelölés a nemzetközi polgári légügyi szervezettől (ICAO = *International Civil Aviation Organisation*) származik, amely a kifutópályák hossza és a műszaki berendezések alapján 7 osztályba (A, B, C, D, E, F, G) sorolja a repülőtereket. Az A-osztályú repülőtereknél egy-egy kifutópálya hossza legalább 2550 m, szélessége pedig legalább 60 m kell hogy legyen. A szélgyakoriságnak megfelelően szükséges, hogy egy-egy repülőtéren több ilyen pálya álljon rendelkezésre.

Kézenfekvő, hogy ilyen nagy és különleges berendezéseket rendszerint csak a nagyvárosoktól távolabb lehet léte-

síteni. Ez a körülmény pedig érzékeny csapást mér a légi-közlekedés egyik legrokonszenvesebb tulajdonságára, a gyorsaságra. A nagyvárosból a repülőtérre, s onnan vissza ugyanis nem egyszer több időt vesz igénybe a gépkocsi-szállítás, mint maga a két nagyváros közötti repülés.

Olyan lehetőségeket kellett tehát keresni, amelyekkel ez a visszas helyzet megszüntethető. A repülés „nyelvére” lefordítva mindezt: olyan repülőgéprendszert kellett kialakítani, amely az utasokat az egyik nagyváros központjából a másik központjáig képes nagy sebességgel, biztonságosan szállítani.

Természetesen nem gondolunk a hangsebességen felüli sebességekre. Megelégednénk már pl. 500 km/órás utazó-sebességgel is, ha lehetővé válnék a városközponttól városközpontig való repülés.

Ez a nem is túlzott kívánság csak olyan repülőgéprendszerrel lenne megoldható, amelynek nincsen szüksége hosszú kifutópályára, drága, különleges repülőterekre, hanem pl. akár egy lapos háztetőről is képes felszállni, s ugyanoda leszállni, és emellett a kívánt sebességgel biztonságosan repülni. Ez a géprendszer a *helikopter*, az *emelőcsavaros repülőgép*.

KEZDETI ELKÉPZELÉSEK

Az első emelőcsavaros repülőgép vázlata — mint annyi más zseniális meglátás — *Leonardo da Vinci*-től maradt ránk a XV. századból. A föld vonzóerejének legyőzésére valóban az emelőcsavaros, a helikopter-rendszer látszik a legegyszerűbbnek. *Leonardo da Vinci* óta sokan foglalkoztak a helikopter problémájával, sok vázlat és több kis modell maradt fenn.

1784 áprilisában jelentős állomáshoz érkezik a helikopter története. Elkészül az első, ténylegesen szabadon repülő, kisméretű helikoptermodell, amelynek felső és alsó, azonos tengelyű, ellentétesen forgó szárnyait faíjszerű rugózás hajtotta. A francia *Launoy* és *Bienvenu* mutatták be a Francia Tudományos Akadémián.

A következő megoldás tervrajza 1860-ból, egy ismeretlen nevű svéd feltalálótól maradt ránk. Nagyon figyelemre méltó,

hogy elgondolása szerint a pilóta fölött jobbra-balra elrendezett forgó szárnyakat gázsugarhajtómű forgatja a szárnyvégeken hátrafelé kiáramló elégett gázokkal.

1874-ben a német *Achenbach* tervrajzai szerint a motorral hajtott forgószárny torziós nyomatékát a géptörzs végén alkalmazott és ugyanazzal a motorral hajtott vízszintes tengelyű kis ellentorziós légcsvár ellensúlyozza. A mai modern helikopterek nagy része e rendszer szerint épül.

Századunk elején Párizsban pályázatot hirdettek helikoptermodellek tervezésére. Csupán a konstrukcios megoldások kerültek elbírálás alá, a pályázó modellek repülése nem volt feltétel. A pályázat aranyérmét az orosz B. N. *Jurjev* akadémikus nyerte, aki azután az 1920-as években nagyméretű helikopterek tervezésével kezd foglalkozni.

HÉT ALLOMÁS A HELIKOPTER TÖRTÉNETÉBEN

A XX. század elején a gépkocsimotorok fejlődése lehetővé teszi, hogy már nagyméretű, pilótát is vivő kísérleti helikopterek épüljenek. Időrendi sorrendben a következők voltak a pilótával felszálló helikopterek:

1. A francia Paul *Cornut* volt az első, akinek helikoptere két — egymás mögött elhelyezett — forgó szárnyal 1907. november 13-án a talajról 30 cm magasságra emelkedett.

2. A dán *Ellehammer* helikoptere 1912-ben két, egymás alatt elhelyezett, ellentétesen forgó 12—12 ágú szárnyakkal 0,5 m magasra emelkedett.

3. Az amerikai Henry A. *Berliner* helikoptere két, egymás alatt elhelyezett, ellentétesen forgó, kb. 4—4 m átmérőjű 2—2 ágú légcsvárral 1920. június 10-én 1,5 m-re emelkedett. A gép repülősúlya 410 kg volt.

4. A spanyol *Pateras de Pescara* 1921—25 között a francia légügyi minisztérium támogatásával Franciaországban 3 kísérleti helikoptert épített. Első gépével 1921 szeptemberében 1 m magasra sikerült a talajról felugornia. Ezt az „ugrást” azonban senki sem tekinthette felszállásnak. 1922 januárjában végre sikerült 1,5 m magasra emelkednie, s megközelítően 1 percig vízszintesen előrehaladnia.

Második gépével 1923 végén kb. ugyanilyen magasság-

ban, zárt körben 1 km-t repül, s ezzel elnyeri a francia repülőklub díját. De 1925-ben elkészült harmadik gépével sem tudott ezeknél jobb eredményeket elérni. Ezért a francia légügyi minisztérium a kísérletek további anyagi támogatását beszünteti.

1926-ban Spanyolországban építi meg — az első hárommal azonos rendszerű — negyedik gépét. Ezzel már 5—8 m magasságba tudott emelkedni, s néhány percre lebegni, sőt az előzőkhöz hasonlóan vízszintes előrehaladást is tudott elérni. Gépei azonban nem oldották meg a kormányozhatóságot, sőt, a stabilitást sem, ezért a további kísérletek abba-maradtak.

5. Az amerikai *de Bothezat* helikoptere csillag alakban elrendezett 4, egyenként 7,60 m átmérőjű, 6—6 ágú, állítható emelkedésű légcsavarral 1922. december 18-án kb. 6 láb (1,8 m) magasságra emelkedett és 1 p 44 mp-ig lebegett egyhelyben.

6. A francia *Oemichen* 1923. májusában 1—3 m magasságban 5 percre lebegett a levegőben helikopterével, majd második gépével 1923—28 között a következő maximális eredményeket érte el: 16 m magasság, 1850 m távrepülés, 14 perc időtartamrepülés. Gépén csillag alakban 4 db 6,50 és 7,50 m átmérőjű emelőcsavart alkalmazott kereszt-elrendezésben. A stabilizáláshoz és az előrehaladáshoz a gépbe 8 db állítható emelkedésű, 1,5 m átmérőjű, kétágú légcsavart és 13 közlőművet épített be, valamint egy nagyméretű giroszkópot. Jobb eredmények és a stabilitás hiányában e bonyolult géppel a kísérleteket abbahagyták.

1928-ban épített gépén *Oemichen* egy 9 m-es kétágú duralumínium emelőcsavart és a törzsön — *Achenbach* 1874-es megoldása szerint — két 1,5 m-es állítható emelkedésű segédlégcsavart alkalmazott. Ezzel a géppel kb. 40 egykét perces felszállást végeztek 1—2 m magasban. Mint minden eddigi gép, ez sem volt stabilizálható. A kísérletek abba-maradtak.

7. A holland *van Baumhauer* ugyancsak az *Achenbach*-féle megoldás szerint épített gépén egy 15 m-es kétágú rotort és a törzs végén egy kis ellentorziós segédlégcsavart alkalmazott. 1930-ban néhány felszállást végeztek a géppel kb. 5 perces leghosszabb időtartammal 1—2 m magasságban. Sta-

bilizálatlanságából következő szárnytörés miatt a kísérleteket beszüntették.

Tulajdonképpen a francia *Bréguet*-fivérek és *Richet* tanár óriási méretű, 4 rotoros helikoptere emelkedett fel függőlegesen először bennülővel kb. 1,5 m magasra 1907 nyarán. Ennek a gépnek azonban nem voltak kormánysszervei és nem volt stabilitása, így 4 ember fogta sarkainál. Ezért ezt a felszállást nem tekintik szabad repülésnek.

A HELIKÓPTER ELSŐSORBAN LÉGCSAVAR-PROBLÉMA

Érdekes módon, az 1920-as évek vége felé a helikopter-kísérletek megszakadtak. Ennek nem pénzügyi akadály volt az oka — hiszen a legtöbb kísérletező 4—5 kísérleti gépet is épített —, hanem az eredménytelenség, sőt, a reménytelenség, hogy valaha is sikerülni fog egy gyakorlatban is alkalmazható, fejlődőképes helikoptert megalkotni.

Megoldhatatlannak látszott a kellő emelőerőt adó forgószárny, emelőcsavar, rotor problémája. De még talán ennél is nagyobb feladat várt megoldásra: a stabilizálás, a stabilizálhatóság problémája. A stabilitás reménytelenségét az is fokozta, hogy ebben az időben egy világhírű aerodinamikustudós közreadott állásfoglalása szerint a helikopter stabilitása megoldhatatlan probléma.

Pedig ez csak két tényező a repülőgéprendszer megoldására vonatkozóan. Hol van még a többi, tucatnyi probléma, amelyek végső fokon ugyanolyan fontosak, mint az emelőerő és a stabilitás problémája. Ezekről azonban akkor még fogalmuk sem volt a tervezőknek. Hiszen az akkori kísérletekkel még el sem jutottak odáig, hogy egyáltalán szembe kerülhessenek a megoldásra váró légáramlástani és egyéb különleges repüléstechnikai jelenségekkel.

Az első világháború alatt *Petróczy István* repülőőrnagy javaslatot tett a hadvezetőségnek, hogy a harctéren tüzérségi megfigyelő céljaira használt, 800—1000 m magasba felfüggesztett, kötött ballonokat kötött helikopterekkel helyettesítsék. Ez az új megoldás jelentős előnyöket nyújtott volna a korábbival szemben. Az első ilyen helikopter építése közben rátjöttek arra, hogy a technika akkori állása szerint semmiféle lehetőség nincs a szükséges nagy emelőerőt szolgáltató légcsavar számítására és tervezésére.

Abban az időben az igen jó eredményeket adó Asboth-légcsavarokat a hadirepülésben igen elterjedten használták. Ennek következtében a Petróczy-féle kötött helikopterhez szükséges, nagy emelőerőt adó különleges légcsavarok kutató- és fejlesztési munkájával a hadvezetőség Asboth Oszkárt bízta meg, aki ebben az időben a fischamendi katonai légcsavargyár vezetője volt. E kísérletek céljaira az akkor épült fischamendi légcsavarkísérleti intézetnek az egész világon egyedülálló hatalmas szélcsatorna-laboratóriumát bocsátották rendelkezésére. Az intézetnek ebben az időben a világhírű, magyar származású Kármán Tódor professzor volt a vezetője. A kísérletek folyamán kb. 1500 db 1—8 m-es átmérőjű légcsavart terveztek, építettek és vizsgáltak meg.

A kísérletek kedvezően zárultak, minthogy az addigi maximális 70 százalék jósági fokú légcsavarokkal szemben az Asboth-helikopter légcsavarok 90 százalékot értek el. A légcsavarkísérletek kedvező befejezése után Kármán Tódor professzort bízták meg a helikopter megtervezésével és építésének irányításával.

Kármán professzor irányításával két kötött helikopter épült, mindkettő Budapesten. Az egyikbe 300 LE-s, 600 voltos egyenáramú villamos motor volt beépítve. Három drótkötél rögzítette a földhöz, ezeken át történt a motor áramellátása is. Részben a motor melegeése, részben pedig a stabilitás hiánya miatt a gépet nem is próbálták ki a szabadban.

A másik helikopter háromszögű acélcsőváz-szerkezetébe 3 darab 100 LE-s forgó benzinmotort építettek be. A motorok egy-egy 7,60 m átmérőjű, ellentétes forgású emelőcsavart forgattak. Ezt a gépet is három drótkötéllal rögzítették a földhöz. Közvetlenül a forgó emelőcsavarok felett volt a megfigyelő acélcsőből készült „kosara”.

Ez a kötött helikopter — a szakirodalomban Petróczy—Kármán—Zurowetz, rövidítve PKZ néven ismerik — 1918 nyarán a szabadban, üresen, tehát bennülő nélkül, több „fel szállást” végzett. Egy alkalommal azonban 50 m magasban a gépet oldalszél lengésbe hozta. A lengés mind nagyobb lett, s minthogy a szerkezet lehúzásához nem állt elegendő idő rendelkezésre, a gép oldalára fordulva lezuhant. A gép csak addig tudott egyhelyben stabilisan lebegni, amíg az emelő-

csavarok húzóereje a három kötelet annyira kifeszítve tartotta, hogy a szerkezetet az oldalszél nem tudta a helyéről továbbvinni.

1918 őszén a háború befejezése, s a kísérletek sikertelensége véget vetett a kötött helikopterekkel való kísérletezésnek is. Ennek alapján született meg és látott napvilágot az 1920-as években az az elméleti megállapítás, hogy a helikoptért stabilizálni nem lehet.

Vitathatatlanul a PKZ volt az egész világon az első repülőszerkezet, amely 1918-ban végzett felszállásaival bebizonyította, hogy már rendelkezünk olyan tervszerűen készíthető emelőcsavarokkal, amelyek megoldják a függőleges géprepülést és az egyhelyben való lebegést. Minthogy azonban ennek a szerkezetnek egyrészt nem volt pilótája, másrészt pedig nem végzett szabadon repüléseket, nem lehet a helikopter-probléma megoldásának tekinteni.

Ezekkel a gépekkel egyidőben Asboth is épített Budapesten egy kötéllel rögzített helikoptert. Ez azonban — egy nappal az első kísérleti felszállás előtt — hangártűz áldozatává vált. Minden valószínűség szerint az egy-kötél kikötési rendszernek sem lett volna meg oldalszélben a stabilitása.

AZ „ÖNFORGÓS” REPÜLŐGÉP

Néhány esztendővel később, az 1920-as évek közepén Spanyolországban *Juan de la Cierva* egészen újrendszerű repülőgéppel kezdett nagyon figyelemre méltó kísérleteket. Nem volt ez sem merevszárnyú, sárkány-rendszerű repülőgép, sem pedig helikopter, annak ellenére, hogy forgó szárnya volt. Új rendszere lényegében a sárkánygép és a helikopter alkotóelemeinek és légáramlástani alaptulajdonságainak összekapcsolásából alakult ki.

Az új gépnek olyan futóműve, törzse, s ennek végén kormánysíkjai, valamint a törzssorba épített motorja és húzólégcsavarja volt, amilyeneket a sárkány-rendszerű gépeken alkalmazunk. A gépnek ez a része létesítette a húzóerőt, a sebességet és helyzetváltozást, kormányzást — éppúgy mint a sárkánygépeknél. A gép súlypontjából felfelé nyúló tengelyre azonban három- vagy négyágú szárny volt lazán, forgathatóan ágyazva, mint egy légcsavar. (Átmérője elérte a

10—15 m-t.) Ezt a szárnyrendszert — a rotort — a motor és a húzólégsavar útján létesített sebességnél a légáramlás forgatta, s a forgás következtében a rotor olyan emelőerőt létesített, amely az egész gépet magasságvesztés nélkül képes volt repülésben tartani, s minden főbb repülési manővert véghez vinni, kivéve a műrepüléseket. Lényegében tehát ugyanolyan hatást ért el, mint egy sárkányrepülőgép, csak hogy az emelőerőt nem merev szárny, hanem forgó szárny létesítette. Ez volt az „önforgós” repülőgép, az *Autogiro*.

A forgószárnyat, a rotort azonban a „menetszél” tartotta forgásban, tehát nem a motor, amellyel a repülés közben semmi kapcsolata sem volt. Ebből következik, hogy csak akkor tudott fennmaradni, repülni, ha az egész gép már kellő sebességgel rendelkezett. Független emelkedést, egyhelyben lebegést tehát nem tudott elérni. Nagy előnye volt azonban a sárkánygépekkel szemben, hogy a leszállás utáni gurulási távja mindössze 20—30 m volt, repülési sebességét 35—40 km/óra-re lehetett csökkenteni, s nagyon könnyű volt kezelni.

Az előnyökkel szemben természetesen voltak nagyon komoly hátrányai is. Közülük itt csak azt említjük meg, hogy pl. a felszállásnál a rotor nem tudott önmagától forgásba jönni, hanem a földről, kötelekkel, kézi erővel kellett több embernek „berántani”. Ezenkívül keresztirányban nem lehetett stabilizálni, egyensúlyozni. Hasonlóképpen nagy volt az a hátránya is, hogy szerkezeti okokból 2 személynél több utast nem tudott szállítani.

A NEVEZETES 1928. SZÉPTEMBER 9.

Noha Európában és Amerikában igen nagy erőket mozgattak meg az 1930-as évek derekán a Cierva-rendszerű *Autogiro* terjesztésére és fejlesztésére — ez a törekvés nagyban hátráltatta a helikopter-rendszer kialakulását is —, ez a géprendszer nyomtalanul letűnt az első helikopterek megjelenésekor.

A remény és a megvalósulás lehetőségével annak a hét úttörőnek — Cornut, Ellehammer, Berliner, Pescara, de Bothezat, Oemichen és van Baumhauer — kísérletei kecsegtettek, akik hacsak arasznyi vagy méteres magasságokra is,

de függőlegesen emelkedtek fel szabadon repülőgépeikkel a földről, elsőként az elsők között.

„Az első helikopter, amely bennülő pilótával hosszabb ideig és nagyobb magasságban tökéletes stabilitással egyhelyben lebegett, a magyar Asboth Oszkár által 1928—30 között kifejlesztett géptípus volt” — írja H. G. Küssner, a göttingeni Aerodinamikai Kísérleti Intézet hivatalos jelentéseként 1937-ben megjelent „A helikopter problémái” című tanulmányában. Az Asboth-helikopter elsőségét, amely először végzett tervszerű, figyelemre méltó repüléseket, más külföldi szaklapok, valamint több tudományos intézményben tartott előadások is lerögzítették.

1928-tól 1930-ig négy Asboth-helikopter épült Budapesten, A. H. 1., A. H. 2., A. H. 3. és A. H. 4. típusjelzéssel. A hegesztett acélcsövekből készült igen kisméretű gépek csupán a stabilizáló felületek és a leszállóművet alkotó 4 futball-labda elhelyezésében különböztek egymástól. E gépekbe először egy 130 LE-s francia forgó Le Rhône, az utolsóba pedig ugyanilyen Clerget-motor volt beépítve. A motor kúpkerék-közlőmű közbeiktatásával egy-egy 4,35 m átmérőjű, fából készült, egymás alatt elhelyezett, ellentétes forgású emelőcsavart forgatott percenként 600 fordulattal.

A gép manőverezése, előrehaladása, stabilizálása az elől-hátul és kétoldalt elhelyezett felületek kibillentésével, a kormányzás kormánykerékkel és két pedállal, a motorfordulat szabályozása pedig emeltyűvel történt. Vezetése olyan egyszerű volt, hogy a repülések nagy részét végző A. H. 4-et olyan szerelő repülte, aki azelőtt közelről még sárkánygépet sem látott. Ennek ellenére a repülések alatt egyetlen baleset sem történt, noha a gépek két ízben megrongálódtak.

Mint a francia *Les Ailes* című folyóirat 1936. február 20-i számában megjelent hosszabb közleményében is írja, az Asboth-helikopter 1928—31 között 182 repülést végzett 29 óra 7 perc összidőtartammal. Az egész világon az első 1 órás egyhelyben lebegést 1929. április 13-án az A. H. 3. érte el.

Az A. H. 4. repüléseinek tanulmányozására az angol és francia kormány bizottságokat küldtek 1930-ban Budapestre. Az angol R. N. Liptrot repülőezredes több sikeres repülést

végzett e géppel. Mindkét bizottság később a szaklapokban is ismertette a gép megállapított repülési eredményeit.

A legnagyobb hatást az váltotta ki, hogy a gép önműködően stabilis volt, s ha nyugalmi, lebegési helyzetéből szándékosan kibillentették, önmagától rögtön visszatért nyugalmi helyzetébe. De nagy érdeklődést keltett a gép nagy felszállósebessége is, valamint az alkalmazott Asboth-emelőcsavarok nagy, 91 százalékos jósági foka. A francia bizottság mérése szerint a koaxiális rotorok 650 kg emelőerőt adtak, tehát a körülbelül 530 kg repülő súlyon felül 120 kg volt az emelőerő-felesleg.

Az Asboth-helikopter volt tehát az egész világon az első repülőgép, amely — az autorotáción kívül — mindazt teljesítette, amit a gyakorlati, tervszerűen repülő helikoptertől megkövetelünk. 1928. szeptember 9-én szállt fel első ízben Budapesten. Ez az időpont a nyitánya a géprepülés helikopter-szakaszának.

HITELESÍTETT ÉS „ELHANYAGOLT” VILÁGCSÚCSOK

Asboth eredményes kísérletei élénk visszhangot váltottak ki a világ repülési szaksajtójában. Egymás után jelennek meg az Asboth-eredményeket méltató és az Asboth-helikoptereket ismertető szakcikkek, így A. M. Izakszon is, a moszkvai központi aerodinamikai intézet helikopter-osztályának igazgatója az 1947-ben megjelent „Helikopterek” („Helikopterij”) című átfogó munkájában a legrészletesebben ismereti Asboth munkásságát és helikoptereit.

Meg kell említeni, hogy az Asboth-kísérletekkel egyidőben külföldön is előrehaladást értek el. Az olasz d'Ascanio pl. 1930. október 8-án 2 db 12 m átmérőjű rotorral felszerelt, 800 kg önsúlyú helikopterével 3 világrekordot állított fel. (A Nemzetközi Repülő Szövetség helikopter-listáján ezideig helikopterrekord még egyáltalán nem szerepelt.)

Ezek a rekordok a következők voltak: 8 p 45 mp időtartam-rekord, 1078 m 60 cm távolsági csúcs és 18 m magassági rekord. Ezt a magasságot különben 1 p 41 mp alatt érte el a gép, ami kb. 20 cm felszállási sebességnek felel meg mp-enként.

Ez a helikopter egyébként egy nagyméretű hangárban

is végzett felemelkedést, így ez az első helikopter, amely zárt területen felszállt. A gépet azonban nem lehetett stabilizálni, ezért a pilótának repülés közben állandóan dolgoznia kellett a kormányművel. Ez volt az oka, hogy 8 p 45 mp-nél hosszabb ideig nem volt képes a géppel lebegni.

Miképpen lehetséges, hogy az Asboth-helikopter 1929 tavaszán, tehát a D'Ascanio-világrekordok felállítása előtt másfél évvel elért jelentős eredményei nem kerültek a Nemzetközi Repülő Szövetség világrekord-listájára? Vagy talán annyi magyar repülési világcúcsunk volt, hogy 4—5 világrekord már nem számított? Hiszen az Asboth-gép ekkor már egyórás egyhelyben lebegést végzett, s azért csupán egyórát, mert beépített benzintartálya nem volt nagyobb. Budapest—Kispest között — dombos terület fölött — ide-oda repülésekkel 10 km-eket repült egyhuzamban. 30—40—50 m-es magassági felszállásait pedig nem 20 cm-es, hanem teljes gázzal 4—5 m/mp-enkénti sebességgel végezte. S csak azért nem volt tanácsos e veszélyesnek számító magasságokat túlszárnyalni, mert az Asboth-helikopter emelőcsavarjai ezeitben még nem voltak kifejlesztve autorotációra, azaz motorleállásnál siklórepülés létesítésére.

Ma már tudjuk, hogy az Asboth-helikopter teljesítményei még 1929-ben az akkori magyar sportfőhatóság, a Magyar Aero Szövetség hanyagsága, lekicsinylő viselkedése következtében nem kerültek Párizsban a világrekord-listára.

TOVÁBB EGY LÉPÉssel

A helikopter további fejlődésében H. Focke-nak, a nagynevű német Focke—Wulff-repülőgépgyár egyik alapítójának helikoptere jelenti a következő lépést. Focke találmányának lényege abból állott, hogy a sárkánygépek szokásos futóművét, a törzset, végén a megszokott kormányfelületekkel és a törzs-orrba épített motort, sőt az első, a világrekordot elért gépen a húzólégsavart is megtartva, két desaxiális, tehát nem egybeeső tengelyeken elhelyezett rotort alkalmazott. A 3—3 ágú, 10,5 m átmérőjű rotorok a Cierva-Autogiro rendszerben épültek. Ezeket a törzs elején jobbra-balra kinyúló piramisszerű acélcsőváz végén helyezték el. Az egymással ellentétes irányban forgó rotorok csökkentett fordulatszám-

mal, kardántengelyek és kúpkerék-közlőművek útján kényszerkapcsolatban voltak a motorral, de le is lehetett a motorról kapcsolni őket. A gép repülőszúlya 950 kg volt. Újdonság tehát csak annyi volt a gépben, hogy a rotorokat a motorral lehetett hajtani.

Ez volt az első helikopter, amely a kezdeti sárkánygépek repülési teljesítményeit elérte, s a függőleges fel- és leszállás, egyhelyben lebegés mellett motor nélkül, autorotációs siklórepülést is végzett. 1937 nyarán a következő világcsúcsoakat állította fel: időtartam: 1 ó 20 p; magasság 2439 m; zárt körben: 80 km és 604 m; sebesség 122 km 533 m óránként és távolság 108 km 974 m. Minthogy a magassági csúcsot nem függőleges, hanem szög alatti repüléssel érte el, mint a sárkánygépek, ezért ezt később törölték a világrekordlistáról. Függőlegesen, azaz helikopter-felszállással csupán kb. 600 m magásra tudott emelkedni.

Az Asboth-helikopterek a második világháború előtt jelentős ösztönzést adtak a helikopter-rendszerű gépek nagyszabású kifejlesztésének elindításához. Amerikában a második világháború kitörésekor, 1939 őszén a repülőgépgyárak már nagyszabású fejlesztési munkában voltak. A munka eredményeként már 1941 őszén próbarepüléseket végeztek a Sikorsky repülőgépgyár VS—300 típusjelzésű Vought—Sikorsky helikopterével. A gép 8,5 m átmérőjű, állítható hajlásszögű rotorját 100 LE-s motor hajtotta, percenként 255 fordulattal. A rotor-torzió ellensúlyozására és a kormányzásra a géptörzs végén 3 db 2—2 m átmérőjű, percenként 1700 fordulatú segédlégcsavart alkalmaztak. Autorotációval — motorhajtás nélkül — a gép függőleges süllyedési sebessége jóval meghaladta a 10 m/mp-et. Így a pilótának nem volt könnyű dolga, hogy motorhiba esetében baj nélkül érje el a földet a géppel.

HELIKOPTEREK A VILÁGHÁBORÚBAN

A nagyméretű fejlesztési munka eredményeként az amerikaiak 1942 végén már nagyobb mennyiségű helikopterrel rendelkeztek, s a világháborúban taktikai célokra fel is használták őket. Elsősorban a tengeralattjárók elleni harcban érték el kiváló eredményeket velük. A helikopterek beveté-

séig a hadianyagot, hadfelszerelést szállító hajókaravánok állandóan nagy veszteségeket szenvedtek a láthatatlan és hirtelen felbukkanó német tengeralattjárók támadásaitól. Hogy minden karavánt légi védelemben részesítettek volna, ahhoz nem állott megfelelő számú repülőgépanyahajó rendelkezésre. Egyébként is a repülőgépanyahajók alkalmazását nagyon megnehezítette a hajókaravánok útvonalán uralkodó rendszeres ködös időjárás.

De nem bizonyult megfelelő védelemnek a hadihajókíséret sem. A helikopter fel- és leszállásához viszont szinte mindegyik hajó fedélzetén megfelelő helyet lehetett biztosítani. Így azután a hajókaravánok megfelelő mennyiségű helikoptert vittek magukkal, s állandó légi-őrszolgálatot végeztek velük a hajókaravánok útvonalának térségében. A helikopterek bevetésétől számított néhány hónap alatt, 1943 júniusáig a tengeralattjáró-veszély megszűnt. Ezzel szemben a német hadvezetőség, különböző megfontolásból, nem tulajdonított nagy fontosságot a helikopterek alkalmazásának.

A második világháború — éppúgy mint az első — a géprepülés fejlődését, s így a helikopter-rendszerű gépeket is, minden vonatkozásban óriási léptekkel vitte előre. A rendelkezésre álló forrásmunkák szerint ezen a területen hatalmas kutató- és fejlesztőmunka indult meg az aerodinamikai laboratóriumokban, számtalan más kutatóintézetben és a gyárak tömegében.

TERVEZŐK „HÉTPARANCSOLATA”

Elsősorban azt kellett megállapítani, hogy tulajdonképpen milyen feladatok várnak megoldásra. Egyelőre ugyanis csak a feladatot ismerték: olyan gépet kell alkotni, amely

1. gurulás nélkül, egyhelyből képes felszállni a talajról, s ugyanígy leszállni,
2. a levegőben egyhelyben képes lebegni,
3. vízszintes, valamint 0° és 90° között bármely szögben tud repülni,
4. motorleállásnál biztonságosan tudjon földre szállni,
5. mindenképpen stabilis, vagy stabilizálható és
6. megfelelően kormányozható, valamint
7. vezetése is egyszerű legyen.

Ez a néhány szempont nagyon csekély támpontot nyújtott a további fejlesztésre. Az eddigi helikopterek egy-két kivételével csak abban a tekintetben szolgáltak tanulságul, hogyan nem szabad helikoptert építeni. Azokról a gépekről viszont, amelyek eredményeket értek el, nem sok adatot hoztak nyilvánosságra, különösen arról, hogy milyen eszközökkel érték el az eredményeket, hacsak a megjelent fényképekből nem volt megállapítható jellegzetes szerkezeti elrendezésük.

Ilyen volt pl. a Focke-helikopter, amelynek lényegét, a forgószárny, a rotor rendszerét a szakember rögtön felismerte a nyugalmi helyzetben ábrázoló képről. A többi alkotóelem felismeréséhez már szakember sem kellett, mert a törzs ugyanolyan volt, mint egy sárkány-rendszerű repülőgép törzse, oldalkormányal, a megszokottnál kisebb magassági kormány-, illetve függőleges vezérsikkal, valamint a megszokott futóművel. A rotorról — amelynek szárnyai mindvégig azonos, vagy megközelítően azonos kis hajlásszögűek voltak — a szakember tervrajz nélkül is, az első látásra azonnal megállapította, hogy az Autogiro rendszerében készült.

Már tudjuk, hogy a Cierva-Autogiro rotorját a gép repülési sebessége, azaz a menetszél tartja forgásban, így létesül a felhajtóerő és maga a vízszintes vagy szög alatti repülés. Focke feltalálói teljesítménye abból állott, hogy a Cierva-rendszerű rotort is a motorhoz kapcsolta, motorral hajtotta, így a rotor nemcsak autorotációra volt képes, hanem a motorhajtás következtében a gép függőleges felemelését és előrehaladó repülését is biztosította.

MI A FORGÓSZÁRNY?

Az eddigiek folyamán már többször beszéltünk forgószárnyról, rotorról, légcsavarról, de nem világítottuk meg, hogy voltaképpen mit is értünk rajtuk. Pedig enélkül mitsem érthetünk meg a helikopter lényegéből.

Egy körpályán forgó, bármilyen alakú és kialakítású felületet, amelynek hajlásszögei a forgó felület minden sugaránál azonosak, vagy megközelítően azonosak, forgószárnynak vagy forgó hordfelületnek nevezzük. Azt a szintén kör-

pályán forgó felületet viszont, amelynek hajlásszögei a forgási tengelytől csúcsa felé folyamatosan csökkennek, azaz minden sugaránál azonos az emelkedése, légcsavarnak, a helikopter esetében pedig emelőlégcsavarnak, röviden emelőcsavarnak nevezzük.

Mind a forgószárnyat, mind az emelőcsavart közös gyűjtőnévvel rotornak mondjuk. A forgószárnyak emelkedése változó, és pedig a szárnyvég felé igen nagy mértékben növekedő. Hajlásszögei ugyanis a szárny egész hosszában, azaz minden sugaránál azonosak, vagy megközelítően azonosak. Ha például a szárny teljes hosszában mindenütt 5° hajlásszögre van beállítva, akkor a szárny egy fordulat alatt a külső peremén kétszer nagyobb — axiális, azaz tengelyirányú — előrehaladást végez, mint a szárny félhossza. Ez természetes, minthogy a szárny pereme, csúcsa, tehát a szárny legkülsőbb pontja — egy fordulat alatt — kétszer hosszabb utat ír le, mint a szárnyhossz fele. Ez nemcsak azt jelenti, hogy a forgószárny által létesített előrehaladási sebesség — ha egyhelyben működik, a létesített szélsősebesség — a forgószárny hosszában mindenütt más és más, hanem óriási módon változik, illetve a szárnyvég felé növekszik az általa létesített emelőerő is. Így az ebből adódó terhelés megoszlása a szárny hosszában rendkívül egyenlőtlen és kedvezőtlen.

Ha még tekintetbe vesszük azt is, hogy a forgószárny minden sugaránál más és más sebességet létesít, s így a húzóerő nincs egyetlen sebességre összpontosítva, levonhatjuk a tanulságot: az ilyen emelőszerkezet nem adhat jó eredményt, s a motor teljesítményének jelentős része kárba vész.

FORGÓSZÁRNY — KONTRA EMELŐCSAVAR

Az emelőcsavarnál azonban lényegesen más a helyzet. Minthogy minden sugara azonos emelkedésű, egy-egy légcsavarszárny minden sugaránál az előrehaladási sebesség elméletileg azonos. A csavarvég felé csökkenő hajlásszögek következtében az emelőerő, a terhelés megoszlása is lényegesen jobb a forgószárny rendszerénél. De az sem elhanyagolható, hogy az egész emelőcsavar minden sugara egy sebességre van készítve, így az össz-emelőerő erre az egy sebességre összpontosítódik. Nem kétséges, hogy a kívánt se-

sebesség elérését az emelőcsavar kevesebb motorteljesítménnyel képes létrehozni, mint a forgószárny. A forgószárny tehát meg sem tudja közelíteni azt a jósági fokot, amilyen az emelőcsavarral elérhető.

Mi az oka, hogy ennek ellenére a korszerű helikoptereken mégis forgószárnyakat alkalmaznak? A helikopteren alkalmazott rotornak 100 százalékos slipnél, azaz álló helyzetben lényegesen nagyobb lóerőnkénti húzóerőt kell létesítenie, mint a sárkánygépek állandó emelkedésű légsavargainak. A helikopternél ugyanis magának a rotornak kell az egész repülőgép súlyát felemelnie, a sárkánygépeknél viszont a gép felemeléséhez, illetve repülési szintben tartásához a felhajtóerőt a merev szárnyak állítják elő, s csak a gépsebesség létesítését, azaz a gép ellenállásának legyőzését végzik a légsavarak. Márpedig az utóbbinál a húzóerő-szükséglet csak a töredéke annak az emelőerőnek, amellyel a helikopternél gyakorlatilag számolnunk kell. (Sárkánygépeknél mindig húzó-, helikoptereknél pedig emelőerőkről beszélünk.)

Emellett a létesített sebesség az első esetben szükség-szerűen kisebb, az utóbbi esetben pedig nagyobb. A mai korszerű repülőgépek fő repülési nemeikben (a helikopternél a függőleges, a légsavarhajtású sárkányrepülőgépeknél a vízszintes repülési sebességben) elért teljesítményeikből vegyük példaképpen a helikopternél a függőleges emelkedési sebesség eddigi maximumát, kb. 5 m/mp-et, ami óránként kb. 18 km-nek felel meg, s ezzel hasonlítsuk össze egy sárkánygép nem is maximális vízszintes repülési sebességét, óránként kb. 500 km-t, ami kb. 140 m/mp-cel egyenlő. A két géprendszer fő repülési teljesítményei között jól látható az óriási különbség, s ezt a rotorhajtású helikopterrel sohasem lesz lehetséges áthidalni.

Olyan rendszeres és eredményes emelőcsavar-fejlesztési munkára, amelyent az első világháború alatt Fischamendben végeztek, azóta sehol sem került sor. Szórványosan kísérleteztek ugyan ezen a területen, de nem sok eredménnyel. Az eredménytelenség is azt bizonyította, hogy elméleti, matematikai úton kellő jósági fokú emelőcsavart nem lehet számítani. A gyakorlati módszerekkel folytatott laboratóriumi kísérletekből viszont azt látták, hogy az emelőcsavar méretei

(átmérő, emelkedés, szárny szélesség, vastagság stb.) egyikének a legkisebb megváltoztatása is néha nagy fajlagos emelőerő-változást idéz elő, néha meg a nagy változtatás sem létesít a jósági fokban érdemleges javulást vagy rosszabbodást. Minthogy pedig a méretek összefüggésének törvényszerűségét nem találták meg, és így kellő jósági fokú csavart készíteni nem tudtak, az emelőcsavarokkal való további kísérletekkel mind a mai napig felhagytak. Ez volt az egyik oka annak, amiért az emelőcsavarok alkalmazásától eltértek.

A másik ok viszont az volt, hogy az állandó emelkedésű emelőcsavarokkal nem lehet autorotációt létesíteni. A Cierva-Autogiro és az ezzel kapcsolatban végzett nagyszámú szélcsatornakísérlet azt mutatta, hogy csak olyan rotorok képesek autorotációt végezni, amelyeknek hajlásszöge egészen alacsony, 2, 3, 4°. Márpedig az állandó emelkedésű légsavár hajlásszögei már a csúcson is nagyobbak ezeknél, különösen pedig az agy, a forgási tengely közelében, kis sugaraknál. Itt a hajlásszögek az 50, 60, 70°-ot is eléri.

Így az a hiedelem lett úrrá, hogy a helikopteren alkalmazható, állandó emelkedésű légsavarrendszerrel, mint célszerű emelőcsavarral tehát érdemlegesebb jósági fokot nem lehet elérni, autorotációra pedig egyáltalán nem lehet felhasználni.

Erre a célra viszont szinte kínálta magát az Autogiro rotorja. Ennél az autorotációt már gyakorlatilag is kikísérletezték. Ha e tekintetben még voltak is kívánnivalók, ezzel a rotor-rendszerrel motorhiba esetében mégis biztonságosan földet lehetett érni. Jósági foka ugyan elég alacsony volt, de mégis lehetett vele függőlegesen felszállni, egyhelyben lebegni, s vízszintesen is repülni. Erre itt volt a Focke-helikopter példája.

Tudták azt is, hogy mind a forgószárnyak, mind pedig az emelőcsavarok átmérőjének növelésével ugyanazzal a motorteljesítménnyel emelőerejüket bizonyos arányban növelhetik. Ha például egy helikopter számított repülősúlyához az alkalmazott vagy alkalmazni kívánt rotor-átmérő nem érte el a kellő emelőerőt, addig növelték a rotor átmérőjét, amíg a kívánt emelőerőt meg nem kapták.

Ezért alkalmazták és lényegében még ma is alkalmazzák a Cierva-Autogiro eredetű rotorokat. Az ilyen helikopterek

repülési eredményei ugyan elég alacsonyak, de nem volt szükség kifejlesztésükhöz hosszadalmas és költséges laboratóriumi kísérletekre.

AZ AUTOROTÁCIÓ FOGALMA

Már amikor a helikopter hőskoráról beszéltünk, többször említettük az autorotáció fogalmát, de adósok maradtunk annak magyarázatával, hogy voltaképpen mit nevezünk autorotációnak?

Még a XX. század első éveiben az orosz kucsinói aerodinamikai laboratórium légcsavarvizsgálataival kapcsolatban érdekes jelenséget figyeltek meg. Ugyanezt a jelenséget az olasz Luciano Orlando aerodinamikus is megfigyelte és 1907-ben ismertette.

A kísérletek során egy, a légáramlás irányába eső tengelyre merőlegesen úgy ágyaztak hosszának közepén egy ceruzaalakú testet, hogy könnyen foroghasson. Ezután olyan légáramlást bocsátottak a testre a szélcsatornában, hogy az említett tengely a légáramlással párhuzamos, a könnyen forgó test pedig merőleges volt.

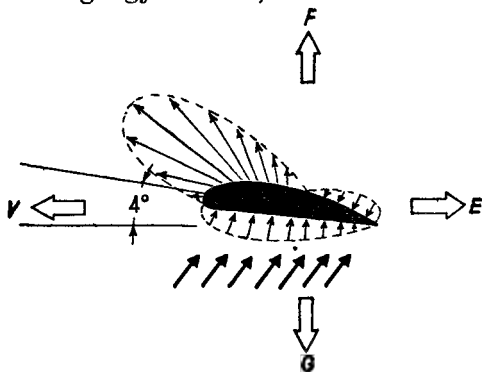
A nagy meglepetés az volt, hogy a test semmilyen légáramlásnál sem mozdult ki a helyéből. Ha viszont a légáramlásban levő testet a forgási irányban az egyik végén kissé meglökték, forogni kezdett, s mindaddig forgott, amíg a légáramlás tartott. Önmagától azonban sohasem kezdett forogni. Ez a jelenség az autorotáció, az önforgás.

Az 1900-as évek elején nem törődtek túlságosan ezzel a jelenséggel, hiszen nem volt terület, ahol alkalmazhatták volna. Hol volt még századunk első évtizedében a helikopter, amelynek szüksége lett volna motorhiba esetében autorotációval leereszkedni a magasból? Hiszen ebben az időben, 1907-ben, pilótával csak Cornut helikoptere emelkedett fel szabad repüléssel, de csak 30 cm-re.

Az 1920-as években a Cierva-Autogiro-val kapcsolatban több laboratóriumban végeztek beható vizsgálatokat az autorotációra vonatkozóan. Amit az Autogiro a gyakorlatban véghez vitt, azt most nagyító alá vették, s tudományos alapon állapították meg a Cierva-rotor pusztán légáramlás által létesített önforgásának okait.

Az ilyen rotorszárny hajlásszöge a rotor forgási felületére csupán $2-4^\circ$. A rotorszárny bármelyik sugarának keresztmetszete, profilja úgy van kialakítva, hogy a tengelye irányában reáható, alulról jövő megfúvásnál a profil különböző szakaszai mind a nyomási, mind pedig a szívási oldalon részben előrehajtó, előrehúzó, részben pedig visszatartó erőt, légellenállást létesítenek. Az előrehúzó erő valamivel nagyobb, mint a légellenállás. De csak annyival, amennyivel a $2-4^\circ$ -ra beállított rotorszárnyakat forgásban tarthatja. Nem is kezd magától forogni a rotor, bármilyen nagy is a talajon a motorhajtású húzólégcavar által létesített gurulási sebesség, csak akkor, ha a start előtt emberi vagy gépi erővel megforgatják.

Ha növelni akarják a profil, illetve a rotor forgató erejét és csökkenteni az ellenállást, akkor a rotorok hajlásszögét $2-4^\circ$ -nál kisebbre állítják. Ezen a módon elérhető, hogy kellő sebességű gurulásnál a menetszéltől fújva a rotor önmagától forgásba jön. Az ilyen kisebbített hajlásszögnél azonban nincs meg a kellő felhajtóereje, s a gép nem tudja a talajt elhagyni. A rotorszárnyak hajlásszögeit viszont nem lehet megnagyobbítani, mert akkor nincs autorotáció.



Az autorotációban forgó rotorszárnyon a süllyedést fékező felhajtóerő keletkezése.

Nem is választhatnák az autorotációs megoldást, hiszen nincs húzólégcavarjuk, mint az Autogiro-nak volt. Az előrehaladást, a vízszintes repülést tehát úgy érik el, hogy a motorhajtotta rotor vagy rotorok — a helikoptereknél vízszintes — forgási felületét $10-15^\circ$ -kal a kívánt haladási irányba

A Cierva-rendszerű rotorokat alkalmazzák a mai helikopterek majdnem mindegyikén is, az autorotációs lehetőség miatt, annak ellenére, hogy az eltelt 20 esztendő alatt nemigen tudtak e rotor-rendszer eredményein javítani.

A helikopterek nem autorotációval végzik vízszintes repüléseiket, hanem motorral hajtott egy vagy két rotorral.

döntik. Minél nagyobb az előredöntés szöge, annál nagyobb az elérhető sebesség. Amíg a rotor forgási felülete vízszintes, addig az egész emelőerő a tengely irányában, tehát függőlegesen hat. Ha a forgási felületet előrebillentjük, a rotor teljes emelőerejének iránya a függőlegetől eltérve ferde irányúvá válik. Az előredöntés nagyságával arányos előreható húzóerő jön létre, amely a gépet a vízszintes irányban előreviszi. Ugyanakkor a függőleges emelőerő, amely a gépet bizonyos magasságban tartotta, arányosan kisebb lesz. Ezért a motornak több gázt kell adni, hogy a gép továbbra is megtartsa magasságát.

BONYODALMAK A ROTOR KÖRÜL

A helikopterek rotorjai igen bonyolult és változó terheléseknek vannak kitéve. Még jobban nehezíti a helyzetet az a körülmény, hogy a terhelések nem az egész rotoron osztódnak el arányosan, hanem külön-külön az egyes rotorszárnyakon.

Ezért a rotorok szárnyait csuklósan úgy ágyazzák a rotoragyra, hogy mindegyik szárny külön-külön úgy lenghet, mint egy inga. Eltérés azonban az, hogy az inga kilengése a függőlegeshez viszonyítva oldalirányban történik, a rotorszárnyaké viszont a vízszintestől felfelé.

A merev szárnyú repülőgépeknél olyan szilárdságra méretezik a felhajtóerőt létesítő szárnyakat, hogy kellő biztonsággal a gép súlyát, sőt annak többszörösét elbírók. A forgószárnyú repülőgépeknél ez egészen másképpen van. Itt a gép-súly többszörösét kibíró méretezést majdnem teljes egészében a centrifugális erő pótolja. Mindig furcsán hat, ha az ember a forgószárnyú repülőgépekről nyugalmi helyzetben készült képeket nézi: a szárnyvégek saját súlyukat sem bírják el, s a föld felé lekonyulnak. Csak a forgás közben keletkezett röpítőerő tartja őket egyenes vonalban.

A rotorszárnyakon fellépő igénybevételek közül külön érdemes megvizsgálni a centrifugális és emelőerő okozta elváltozásokat. A centrifugális erő és az emellett létrejövő giroszkopikus (pörgettyű-) hatás igyekszik a szárnyakat nemcsak egyenesben, hanem vízszintesben is tartani. Viszont a szárnyon létesült emelőerő felhajtani, felbillenteni igyekszik

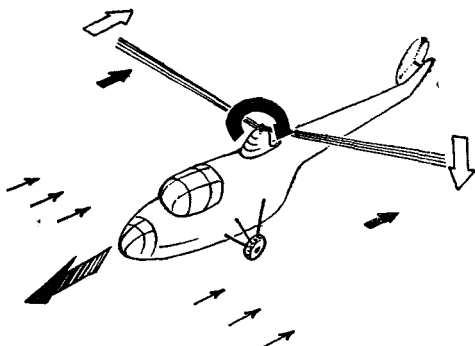
a rotorszárnyat. A két erő automatikusan kiegyenlítődik, s a szárny ezek középarányosának irányába áll be. Ilyen helyzet azonban csak az egy helyben lebegéskor következik be, amikor is a szárnyak körpályájukon kb. 5—6—7°-ra állnak a vízszintes sík felett.

A helikopter előrehaladásakor azonban egészen más a helyzet. Tegyük fel, hogy a rotor „jobbmenetű”, azaz jobbra forog.

Példaképpen vegyük a rotort 10 m átmérőjűnek. Ebben az esetben a kerülete 31,40 m. Fordulatszámát vegyük percenként 90-nek, ami mp-enként 1,5 fordulatot jelent. Ezt a rotorvégek által fordulatként leírt 31,4 m kerülettel megszorozva, azt kapjuk, hogy a rotorok kerületi sebessége mp-enként 47 m, azaz óránként 170 km.

A forgási körterület baloldalán előreforgó rotorszárnyak 47 m/mp-es kerületi sebességhez — a forgási körív végén — még hozzá kell adni a gép repülési sebességét. A forgási körterület jobboldalán előreforgó szárnyak kerületi sebességéből viszont ugyanezt kell levonni. Így kapjuk meg a rotor két szélsőséges forgási helyzetű szárnyainak abszolút sebességét.

Ha feltételezzük, hogy e helikopter képes lenne egyébként óránként 170 km-es sebességgel vízszintesen repülni,



Az előrehaladó rotorágon nagyobb felhajtóerő keletkezik, mint a hátrafelé forgón és azért az előbbi önmagától felbillen. A fehér nyilak a rotor forgási irányát, a fekete nyilak a megfúvás irányát jelzik.

akkor ez azt jelentené, hogy az előreforgó szárnyvégek abszolút sebessége 340 km/ó, a jobboldalt hátrahaladóké pedig 0 km lesz. Így a rotor forgási körfelületének baloldali felén rendkívül nagy, s jobboldalin pedig 0 (nulla) emelőerő létesül. Végső fokon ez arra vezet, hogy a gép jobbra billen és menthetetlenül lezuhan.

Amennyiben a rotor kerületi sebessége órán-

ként 170 km-t tesz ki, a gép repülési sebessége nem lehet nagyobb pl. 100 km-nél. Ebben az esetben a baloldalon előrehaladó szárnyak végeinek abszolút sebessége 270 km/ó, a jobboldali, hátrafelé forgóké pedig 70 km/ó lesz. Ez a példa is igen nagy sebességkülönbséget ad, de az ilyen módon létrejött emelőerő-különbséget a szárnyak automatikusan kiküszöbölik. A nagyobb sebességet adó jobboldali félköríven a szárnyak annyira és addig billennek fel, amit a csuklós ágyazásuk tesz lehetővé, míg felülnézetben, vetületben a szárnyhossz kellő rövidülése következik be, amelynek emelőereje nem lesz nagyobb a túloldali szárnyhosszénál. De az utóbbi sem marad meg e szélsőséges helyzetben — az egy helyben lebegéskor létesített kis szögállásban —, ez azonban csak elenyészően csekély mértékben billen fel.

A rotorszárnyak így — előrehaladó repülés közben — minden fordulatuknál megismétlődő fel-le lengést végeznek. Az adott számpélda esetében ez mp-enként 1,5-szer ismétlődik meg.

HELIKOPTER-MANŐVEREK

A különféle helikopter-típusoknál a rotor kibillentését, előredöntését általában úgy létesítik, hogy a szárnyak hajlásszögeit forgás közben változtathatóra építik. A hajlásszög-változást úgy oldják meg, hogy ez minden fordulatnál csak a fél körívre vonatkozik. Ha pl. lebegésből vízszintes repülésre akarunk áttérni, a pilóta úgy állítja be a vezénylést, hogy a rotor szárnyai, a haladás irányára vonatkoztatva, a rotorforgás hátsó félköríven minden fordulatnál nagyobb hajlásszögre állnak be. Így a hátsó forgási körfelület emelőereje nagyobb lesz, mint az elsőé, az egész rotor előrebillen, s így is marad, amíg a pilóta ismét nem változtatja meg a hajlásszöget.

Minthogy ilyen szakaszos kibillentést a rotor-körpálya minden irányában lehet létesíteni, ezzel a széllökés vagy egyéb okokból létrejövő gép-kibillenések ellensúlyozhatók.

A rotorszárnyak hajlásszögének megváltoztatását azonban nemcsak szakaszosan, hanem a teljes forgásra, huzamos időtartamra is megváltoztathatjuk. Ennek alkalmazására a legkisebb manőverezésnél is szükség van, minthogy a rotorfordulatot és emelőerőt a motorfordulat-, teljesítmény-

változtatás mellett minden esetben a rotorszárnyak hajlás-szög-változtatásaival szabályozzuk. Főként ez teszi az ilyen gép vezetését rendkívül bonyolulttá.

Mindezekből látható, hogy a rotorszárnyakon repülés közben igen bonyolult, ellentétes hatású, összetett erőhatások lépnek fel. Az emelőerő az egyedüli, amely sohasem lépi túl a gép súlyát. Utána a centrifugális erő az, amely nem változik meg nagy mértékben, s ha változik is, akkor sem hirtelen átmenettel. A legrosszabb hatásuk van a szárnyakra a repülés közben rájuk ható szélesebségeknél. Ez fordulatonként minden szárnyra egyszer előlről, egyszer hátulról hat. Emiatt a nagymérvű emelőerő-, nyomásközpont-vándorlás törésveszélyes rezgéseket létesíthet.

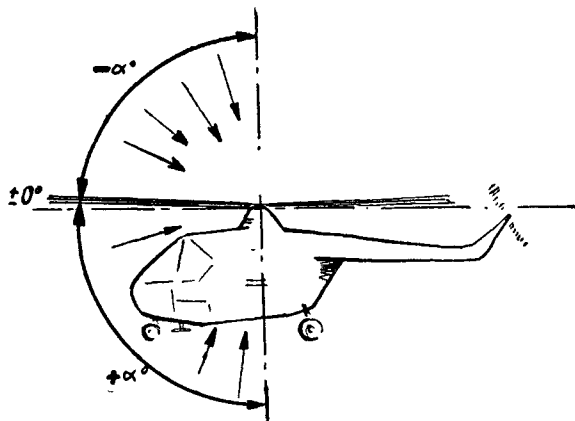
AMIKOR A SZÉL SEGÍT

Amint már láttuk, előrehaladáskor a rotorra különböző légáramlások hatnak, és pedig alulról, felülről, vagy a rotor körfelületére párhuzamosan (vízszintesen). A rotorra ható ilyen légáramlásokat szaknyelven megfúvásoknak (oldalmegfúvásoknak) nevezzük.

A rotor forgási síkját alulról érő bármilyen szögű légáramlást pozitív (+) megfúvásnak nevezzük. Ezek a helikopterek leszállásakor állanak elő, tekintet nélkül arra, hogy motormeghajtás mellett vagy motor nélküli sikló-, azaz autorotációs, önforgós leszállással történik. Ilyenkor — a légáramlás iránya és a rotorkörfelület síkjával bezárt szögétől függően — pl. 15° -os, 40° -os, 90° -os pozitív megfúvásról beszélünk.

A motorhajtású forgó rotort felülről érő légáramlást viszont negatív (—) megfúvásnak mondjuk. Ez a helikopter felszállásakor keletkezik, amikor a rotort motorral hajtjuk. Így pl. a függőleges felszállásnál a 90° -os negatív megfúvás esete áll fenn.

A pozitív és negatív irány közötti vízszintes légáramlás a 0° -os megfúvás esete. Ez akkor következik be, amikor a helikopter a motortól hajtott rotorral helyváltozás nélkül — egy helyben lebeg. Ezt a repülési állapotot csak szélcsatornában lehet előidézni, ha magát a helikoptert rögzítjük, mozdulatlaná tesszük és ebben a függőleges tengelyű helyzet-



A helikopter rotorjának megfúvása. A rotort alulról érő légáramlás pozitív megfúvás, a felülről ható légáramlás negatív megfúvás.

ben bocsátunk rá vízszintes légáramlást. Ez a megfúvás csakis tudományos szempontból érdekes, ilyen repülési állapot a valóságban nem létesülhet. Az egy helyben való mozdulatlan lebegésnél ugyanis a ráható vízszintes légáramlás a gép egyensúlyi helyzetét megbontja, minthogy a minden irányból jövő légáramlás, a rotor emelőerő-központját (aerodinamikai súlypontját) elmozdulásra, vándorlásra kényszeríti. Ilyen esetben a rotor a megfúvás irányába oldalt billen; s az erőösszetevőket, oldalerőket létesít, az egyensúlyi helyzet megváltozik.

A Cierva-rendszerű autogirónál fellépő megfúvások annyiban térnek el a helikopterekétől, hogy az előbbinél csak pozitív megfúvás esete forog fenn, minthogy a felszállás nem motorral forgatott rotortal történik, hanem — akárcsak a sárkánygépeknél — motorhajtotta húzólégcsavarral, lapos szög alatt. A rotor-körterületre ható légáramlás vízszintes repülésnél is pozitív irányú megfúvást ad, ugyanis, mint tudjuk, a Cierva-rotorok, illetve tengelyük a menetirányra vonatkoztatva kb. 15° -kal hátra vannak billentve.

E háromféle — pozitív, negatív és 0 fokú — megfúvás minden rendszerű rotor működésében rendkívül érdekes jelenségeket hív életre, melyek némelyikét itt ismertetjük.

Ézeket az aerodinamikai jelenségeket a magyar Asboth-helikopteren észlelték először, minthogy ez a gép tudta repüléseit első ízben olyan magasságban végezni, ahol a talajközelség okozta légsűrítéstől, „légpárna-hatástól” mentesült. A légpárna-hatás abban nyilvánul, hogy motorforgatású rotorral való leszálláskor a gép egy bizonyos magasságban — amely, több tényezőtől függően, a rotor átmérőjének többszöröse is lehet — lassú, függőleges süllyedésben megáll és további gázt kell a motortól elvenni, hogy a gép a talajra ereszkedjék. A motorral hajtott rotor ugyanis földközelsben bizonyos légsűrítést létesít, ami viszont a rotor emelőerejét növeli. Az első hét úttörő egyike sem tudta gépével a légpárna bűvös varázsát megtörni. Ezt a légpárna-hatást először az angol R. N. Liptrot repülőezredes ismertette 1931. április 13-án egy előadás keretében az angol Királyi Léghajózási Társaság ülésén. (Egyébként, mint érdekességet megemlítsük, hogy Liptrot ezredes e jelenséget „Asboth-párná”-nak nevezte el.)

A pozitív, valamint a 0° -os, sőt a kisebb szögű negatív-megfúvás mindig növeli a rotor emelőerejét, negatív szögű megfúvásnál viszont az emelőerő csökken. Minél nagyobb a pozitív vagy a kis negatív megfúvás, annál nagyobb az emelőerő növekedése, illetve csökkenése. A megfúvási sebesség növekedésével az emelőerő változása is arányosan növekszik. Ennek a megfúvástól függő emelőerő-viszonynak a változása csak szélcsatornában állapítható meg, amikor a rotor egy helyhez rögzített. Ha ugyanis a rotor változtatja a helyét, például függőlegesen emelkedik, amit viszont csak a gyakorlatban, szabadon repülő helikopterekkel lehet elérni, akkor a rotor emelőereje nem változik, mindig azonos marad a gép repülősúlyával. A megfúvás által létesült emelőerő-növekedést viszont, amit a szélcsatornában észleltünk és mértünk, a tényleges felszállásnál a gép felszállási gyorsulása emésztí fel. A gyakorlatban mérhető emelőerő-növekedés nincs, mert ez az energiaátalakulás következtében gyorsulássá alakult. Ha ez nem így lenne, akkor a gép a lebegéséből nem menne át függőleges felszállásba.

Érdekes eset a magassági határ, az emelkedési csúcs problémája. Ha a rotor forgási körfelületének kis negatív előredöntésével végzünk lapos szög alatti felszállást, akkor

lényegesen nagyobb, sőt többszörös magasságot tudunk elérni, mintha a felszállást függőlegesen végeztük volna. Ha e géppel a függőleges felszállással elért csúcsmagasságig lapos szög alatti haladással, tehát megfúvással repülünk, lényegesen rövidebb idő alatt, tehát nagyobb — függőlegesre átszámított — sebességgel érjük el célunkat.

Kis negatív szögű megfúvás tehát nagyobb emelőerőt létesít, amit azonban a gyorsulás használ fel.

Így a helikopter-rekordoknál is kifejezetten mindig „lebegő csúcsmagasság”-ot mérnek és rögzítenek, tehát azt a magassági határt, amelyen a helikopter még egy helyben tud lebegni. (Ezért törölték a Focke-helikopter 2439 m-es magassági rekordját, minthogy ezt nem függőleges, hanem szög alatti felszállással, tehát a megfúvás teljesítményt növelő hatásának kihasználásával érte el.)

A ROTOROK JÖVŐJE

Valamennyi helikopteren — akár dugattyús motorral, akár gázturbinával működik — fordulatszámcsökkentő fogaskerékközlőmű közbeiktatásával forgatják az alacsony, percenként kb. 120 fordulátú rotort. Emellett még tengelykapcsolót is kell alkalmazni, hogy autorotáció esetében a menetszáltól hajtott rotornak ne kelljen a leállt motort forgatnia.

A forgatótengely felső végén rögzített acél-agy rendkívül bonyolult szerkezet valamennyi helikopter-rendszerénél. Ez az elmondottak után érthető is. Hiszen a rotorszárnyak valamennyi vezénylését, mozgatását a rotor-agy végzi.

Az ez idő szerint általánosan alkalmazott és tulajdonképpen csak autorotációra tervezett autogiro-rendszerű forgószárnyaknál — motorhajtásnál — csak kb. 70 százalékos jósági fokot lehet elérni. Viszont állandó emelkedésű emelőcsavarokkal az eddig elért jósági fok 90 százalékos, s nincs legyőzhetetlen akadálya annak, hogy az ilyen emelőcsavarokat egyben jó autorotációs képességre is ki lehetne fejleszteni. Erre a jelek szerint csupán azért nem került sor eddig, mert a mai követelményeket még a mostani forgószárny-rendszer is kielégíti, s az állandó emelkedésű légcsavarok

kellő kifejlesztése igen terjedelmes és költséges munkát venne igénybe.

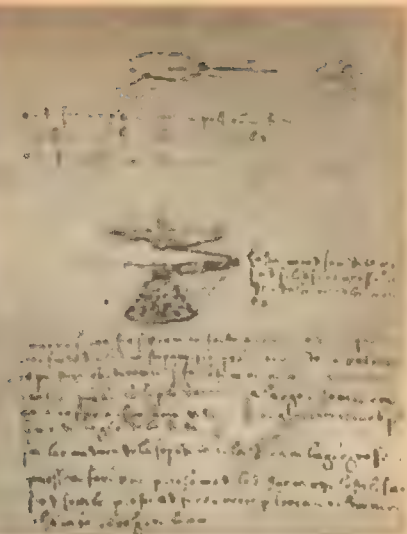
A rotorok fajlagos emelőerejének, jósági fokának növelését manapság még nem tartják elsőrendű fontosságúnak. A hajtóerőt szolgáltató dugattyús motorok és gázturbinák súlya ugyanis egyelőre szükségtelenné teszi a rotorok jósági fokának növelését. Amit a rotor viszonylagosan alacsony emelőereje következtében veszítene kg-ban a hasznos terhelésnél, azt bőven pótolja a hajtómű súlyának csökkenése. De ha már rendelkezésre is állna a legjobb jósági fokú rotor, akkor sem lehetne alkalmazni — az autorotációs határfok nem kielégítő volta miatt.

A ma alkalmazott rotorok ugyanis négyzetméterenként legfeljebb kb. 10 kg-mal terhelhetők, a rotorforgással leírt körfelületet számítva. Ilyen fajlagos terhelésnél is a süllyedési sebesség siklórepülésnél kb. 11 m másodpercenként. A pilótának tehát nagyon kell ügyeskednie, hogy simán érjen talajt. Emellett a mai rotorok nem teszik lehetővé, hogy pl. 500 vagy 1000 m magasságból autorotációval végig függőlegesen leszállhassanak. Hosszabb lélegzetű, percekig tartó függőleges irányú siklórepülésnél az önforgás — kevés kivétellel — lassul és így a süllyedési sebesség gyorsul. Márpedig előfordulhat, hogy egy völgykatlanban történő kényyszerű — motordefektes — autorotációs leszállásnál sem a magasban, sem a leszállási terepen nincs tér, hogy a pilóta — nem is olyan egyszerű — manőverezéssel az önforgást felgyorsítsa, a süllyedési sebesség csökkentése érdekében lapos siklásba menjen át.

Ha tehát sikerülne is olyan nagy jósági fokú rotort kifejlesztteni, amelynek fajlagos emelőereje a rotor körfelületén négyzetméterenként pl. 15 kg, mégsem lehetne az ilyet alkalmazni, hiszen — mint láttuk — a 10 kg-os terhelésnél is már 11 méteres a süllyedési sebesség. Milyen lenne ez 15 kg-os terhelésnél? Zuhanás!

A motorforgatású rotor fajlagos emelőerejének feljavítása a 10 kg-os autorotációs terhelés arányos felemelése nélkül gyakorlatilag értéktelen.

A kétféle fajlagos terhelésnek egymással azonosnak kell lennie. Ennek ellenére vannak helikoptertípusok, amelyeknél a repülési teljesítmény fontossága mellett a biztonság kér-



Leonardo da Vinci vázlatai és leírása alapján megépítették egy rotoros helikopterének modelljét



1784-ben szerkesztették meg a francia Launoy és Bienvenu az első helikoptermodellt, amely valóban felszállt. Találmányukat a tudományos akadémia is bemutatták

A német Achenbach 1874-ben alkalmazott először tervében az egyrotoros helikopterhez antitorziós légsavart



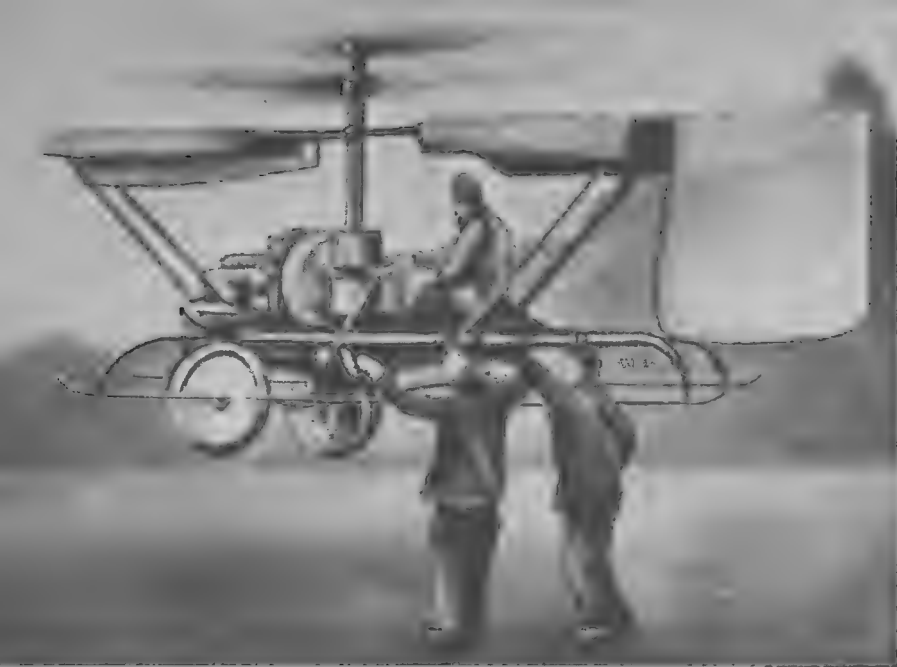


A francia Paul Cornu helikopterével 1907. november 13-án 30 cm-re emelkedett fel a talajról



A dán Ellehammer helikoptere 1912-ben 0,5 m magasságra emelkedett

[illegible]



Az amerikai Henry A. Berliner 1920. június 10-én 1,5 m magasságra emelkedett

Az amerikai de Bothezat 1922. december 18-án 1,8 m magasságban egy perc 44 másodpercig lebegett helikopterével





**A francia Etienne Oehmichen helikoptere 1923.
május 1-én 3 m magasságban 5 percig lebegett**

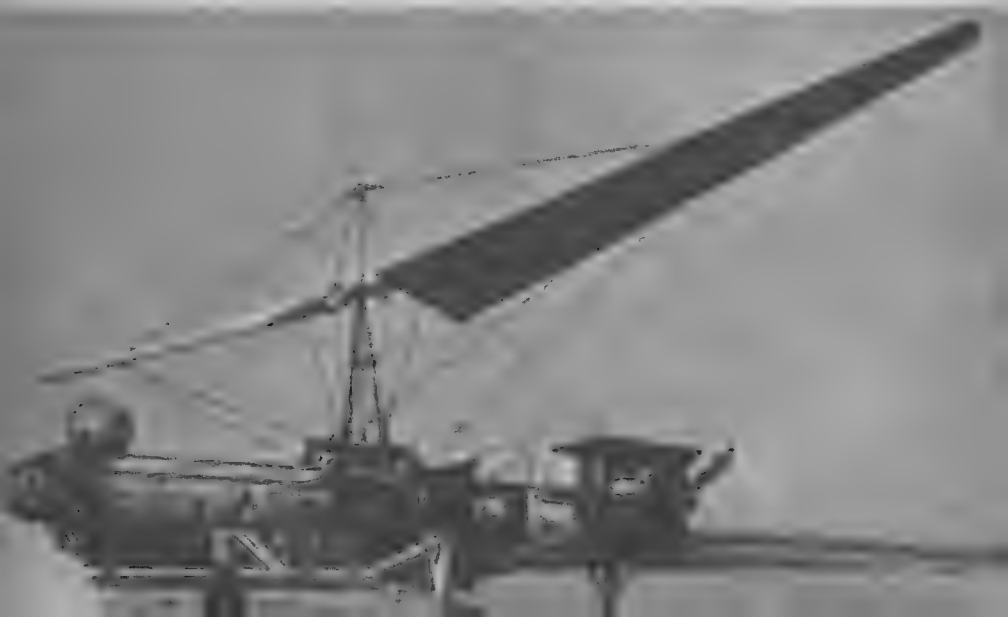
**Később Oehmichen arra a valóban furcsa gondolatra jutott, hogy helikopterét hidrogénnel
töltött ballonnal emeltesse a levegőbe**



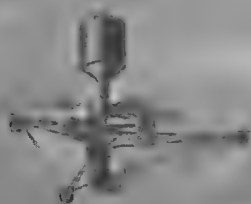


**Oemichen 1928-ban épült egy-
rotoros helikopterje, amelyen
már antitorziós légsavart is
alkalmazotti**

**A holland A. G. van Baum-
hauer egyrotoros, antitorziós
légsavarral ellátott helikop-
tert épített, amellyel 1930-ban
1 m magasságban 5 percig
lebegett**



Pécelény—Kármán—Zurovetz drótkötélekkel rögzített helikoptere az első
próbafelvetéskor folyamán kb. 50 m magasságra emelkedett. Később a gép
a stabilitás hiánya miatt leesett





**Az A. H. 3 a Budapest és Kispeszt közötti dombos területen rója
a kilométereket... (1929)**

**Bréguet helikopterje, amely 1907-ben 1,5 m magasságra emelkedett.
Meg kell azonban említeni, hogy a gépen nem ült pilóta és kormánymű
hiányában négy ember biztosította a szerkezet egyensúlyát**



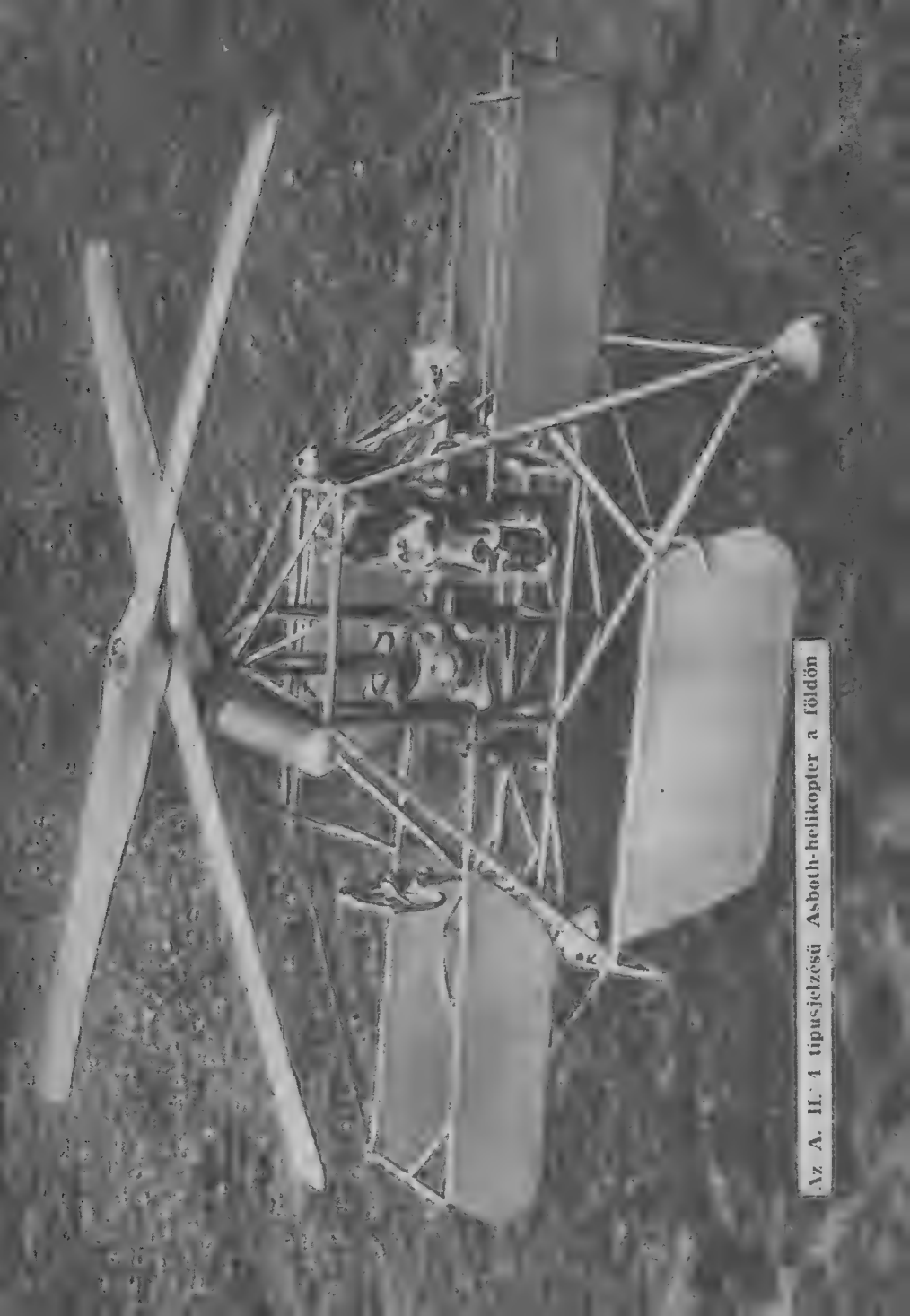
134 Cierva-féle autogiro (szélmalomszárnyú gép) New York felett





Az A. H. 3 függőleges felszállás közben. Emelkedési sebessége 4 m/mp.
A gép egy óráig lebegett a terep egy pontja fölött 1929. április 13-án





Az A. H. 4 típusjelzésű Asboth-helikopter a földön



**Az olasz d'Ascanio 1930-ban helikopterjével 1 perc 41 mp alatt
18 m magasságra emelkedett és ezzel világrekordot állított fel**

Az Asboth-féle helikopter-légcsavar autorotációs mérésel 1935-ben





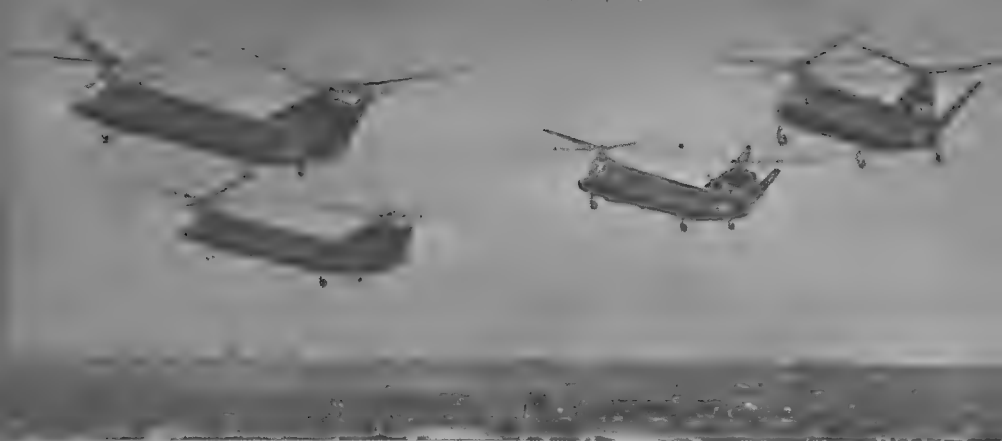
A belga Florine 1936-ban épített kétrotoros helikopterjén a dezaxiális megoldást alkalmazta

Egy francia Breguet-Dorand helikopter leszállás közben megsérült



Az 1933-ban épült A. A. A. felzáró Aszoth-féle helikopter minden tekintetben elő-
 sorú repülőgépként, a pilótájúko plexiburkolata, a behúzható futómű, a segédhardfeleltet-
 tő felzáró az áramvezetés terv, mind olyan megoldás, amelyet a helikopterépítéskor
 kevesen alkalmazni





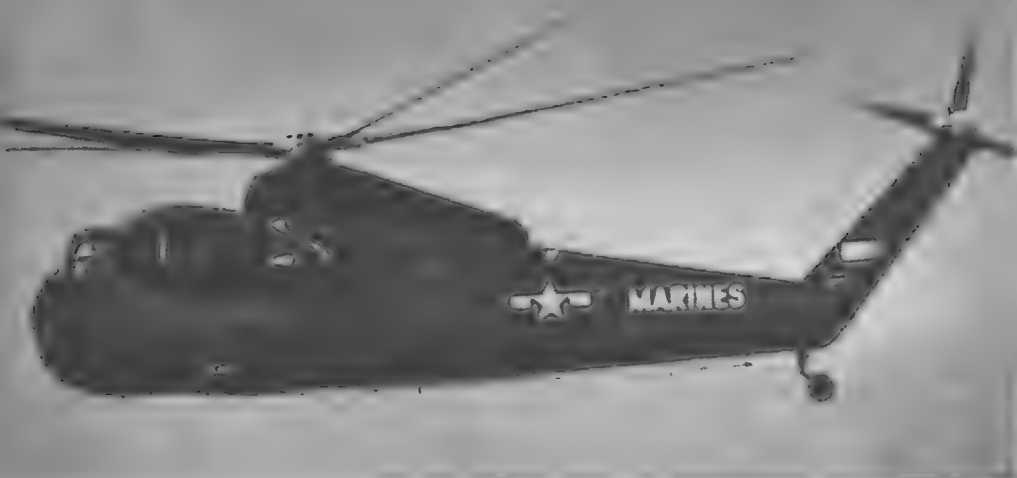
A Bristol-helikopterek egy raja egy angol repülőtér felett

Az angol Bristol kétrótoros helikopter, amely 16 utast szállít





Francia helikopter Párizs egyik utcája fölött



Az Egyesült Államok haditengerészetének egyik helikoptere

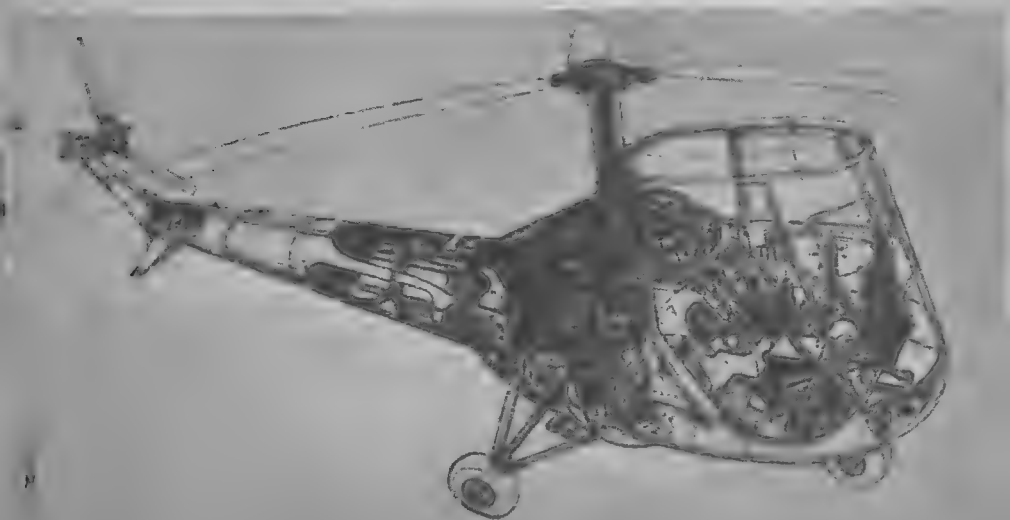
**A gázturbinával hajtott francia „Alouette II”, amely 8200 m-rel
hosszabb ideig tartotta a helikopterek magassági rekordját**





**A gázturbinahajtású Sikorsky S—59 helikopter 1954-ben 251 km/óra
sebességgel repült**

A korszerű helikopter bonyolult szerkezeti felépítése



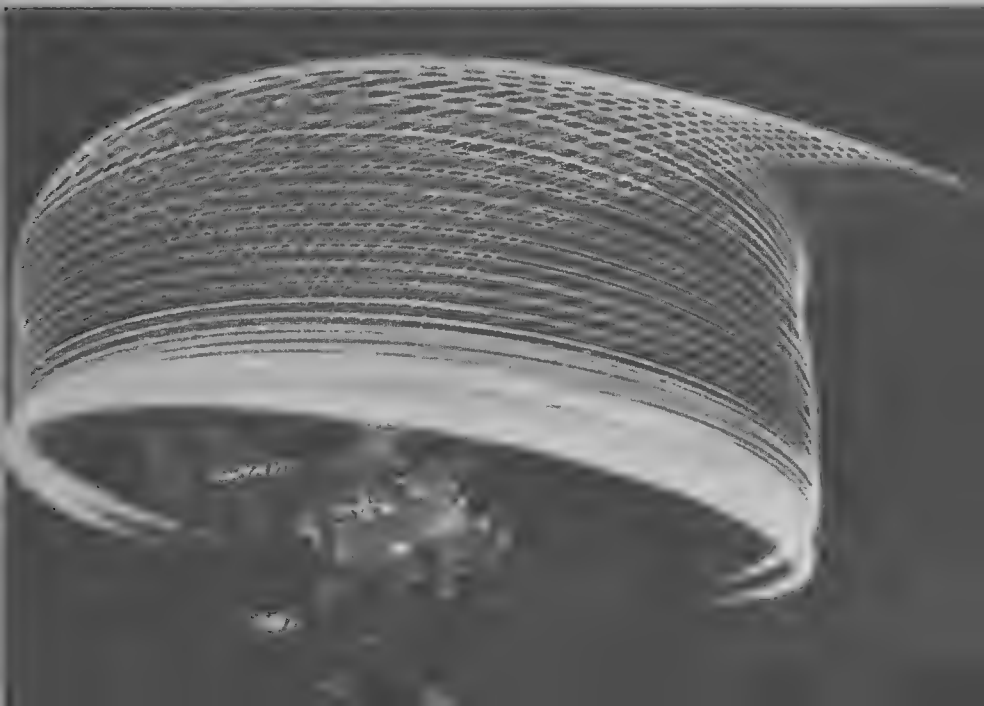


Helikopter egy ló felett



**A helikoptert kiterjedten alkalmazzák a mezőgazdaságban.
Ez a gép egy répafieldet permetez**

**Helikopter éjjeli leszállása. Ez az érdekes felvétel úgy készült,
hogy a rotorágak végére villanylámpákat szereltek**





A Kellet KH—15 rakétahajtású kis helikopter,
amely csak egész rövid ideig maradhat a levegőben



A „hátság”-helikopter, amelynek még futóműve sincs

„Gyro-Glider”, amelynek nincs hajlóműve.
A csőrelővel vontatott gép a kioldás után elklórepülésben ér földet



dése másodrendű. (Pl. a hadászati célok, rekordok, speciális gépek különleges esetei.) Ezeknél a motorhajtású rotorterhelés lényegesen magasabb az autorotációsénál.

Ha a helikopterek már olyan mértékben elterjednek, hogy nemcsak repülési tulajdonságaik, sebességük, biztonságuk lesz döntő, hanem gazdaságosságuk is, akkor minden bizonnyal sor kerül majd a rotorteljesítmények feljavítására is.

FOGAS PROBLÉMÁK

A jelenleg alkalmazott forgószárny-rendszerű rotorok kerületi sebességét — tehát sem az átmérőjét, sem a fordulatszámát — nem lehet növelni az ún. *vibrációs gát* miatt. Tehát sem a sebességet, sem a teherbírást nem lehet érdemlegesen növelni, hacsak el nem tekintünk az autorotációs siklórepüléstől.

De más problémák is sok fejtörést okoznak a korszerű helikopterek tervezőinek. Elsősorban a kormányzás rendkívül bonyolultsága. Manapság emiatt a helikopter-vezetés el-sajátításához még egy tapasztalt pilótának is több hónapi gyakorlatra van szüksége.

Csak egy példát említsünk a sok közül a helikopter-vezetés bonyolultságára. Felszállásnál egyszerre kell pl. elvégezni a motor gázszabályozását, a rotorszárnyak hajlásszögeinek megnagyobbítását és — a legjobban elterjedt egyrotoros gépeknél — a farokvégen levő ellentorziós kis légcsavar emelkedésének változtatását. És mindezt a legnagyobb pontossággal. Három feladatot egyszerre két kézzel! (A megoldás: a gázszabályozást a jobb kézzel mozgatott emeltyű végére szerelt gumihengerrel végzik, akárcsak a motor-kerékpároknál.)

A másik megoldatlan probléma a gép stabilizálása, különösen a földközelpénben. Amint láttuk, a stabilizálást a rotorszárnyak egyoldalú, szakaszos hajlásszög-változtatásával végzik. Ez azonban hatásában túlságosan lassúnak, lomhának bizonyult. A földközelpénben pedig, tehát éppen a leszállásnál — amikor igen fontos követelmény, hogy a három, de legalább is a hátsó, páros kerekek egyszerre ériék el a talajt, a stabilizálásnak ez a módja felmondja a szolgálatot. A föld-

közelben létesülő légsűrítés következtében ugyanis a rotor-szárny jobb- vagy baloldali szögállításából adódó egyoldali emelőerő-többletet a gép már nem érzékeli, s így az egy oldalra billent, ferdén leereszkedő gépet nem lehet egyensúlyi helyzetébe kellő gyorsasággal visszahozni.

REND A HELIKOPTEREK CSALÁDJÁBAN IS

Mindezek után vessünk pillantást arra is, hogyan alakultak a mai helikopterek repülési teljesítményei.

Az átlagos vízszintes repülési sebesség 150—180 km/ó. A világrekordot az amerikai gázturbinahajtású egyrotoros Sikorsky HR 2 S helikopter tartja 262 km/ó sebességgel. A „lebegő-emelkedési” csúcst a francia, szintén gázturbinás egyrotoros „Djinn” állította fel 8482 m elérésével. A terhelési kategória-világrekordok területén a szovjet helikopterek értek el világrekordokat. A távolsági világcsúcst az amerikai egyrotoros Bell—47 állította fel 1959 km-es táv berepülésével.

A mai helikopterek felszállási kezdeti sebessége általában 2 m/mp. A legnagyobb kezdeti emelkedési sebesség 4—5 m/mp. Az emelkedési sebesség nincs a világcsúcs-kategóriák közé felvéve.

A szerkezeti kialakulások következtében különféle helikopter-rendszerek jöttek létre. A következőkben ezeket vesszük majd sorra, de csak azokat, amelyek már elterjedtek, vagy eddigi eredményeik erre reményt nyújtanak.

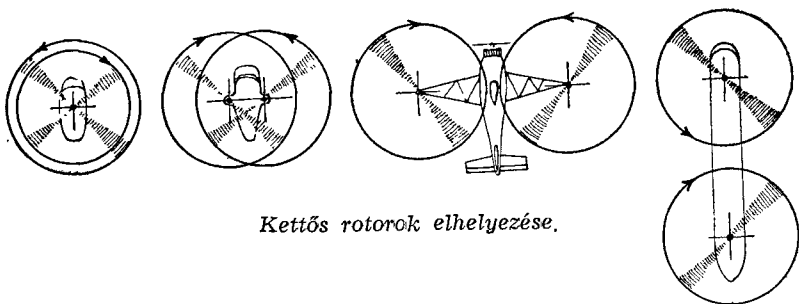
A helikopter-rendszerek osztályozására kézenfekvő szempont a rotorok száma és elrendezése, továbbá a hajtóművek rendszere.

A hajtómű szerint két fő csoportba oszthatjuk a helikoptereket:

1. olyanokra, amelyeknek rotorját bármilyen rendszerű hajtómű tengelyük útján forgatja,
2. olyanokra, amelyeknél közvetlenül a rotorszárnyakat hajtják gázsugarhajtással.

Sokkal célszerűbb azonban a másik osztályozási rendszer, amely a rotorok számára és elrendezésére épül. Ebben a tekintetben két fő csoportot különböztethetünk meg: az egyrotoros és a kétrotoros helikoptereket.

1. A kétrotoros helikopterek egyik csoportját két, koaxiális, egymás alatt elhelyezett, egymással ellentétesen forgó rotor jellemzi. A két rotort egy külső csőtengely és az ebbe dugott tömör tengely útján forgatják a motorral, irányváltó kúpkerék-közlőmű közbeiktatásával. A két, ellentétesen forgó rotor alkalmazásával a csavarok lekötik egymás torzióját, forgatónyomatékát. Ezen a módon sikerül kiküszöbölni az egész gépet függőleges tengelye körül forgatni igyekvő szabad forgatóerőt, minden külön motorteljesítményt igénylő segédszerkezet nélkül. A két egymás alatti rotor azonban rendkívül kedvezőtlenül befolyásolja egymást, s ezért a legtöbb feltaláló ilyen irányú kísérleteit abbahagyni kényszerült. A francia *Breguet—Dorand* bírja legtovább — napjainkig — a kísérletezést, anélkül, hogy bármilyen gyakorlati sikert ért volna el.



Kettős rotorok elhelyezése.

E klasszikus koaxiális — és emelőcsavaros — rendszer első jó eredményeit a magyar Asboth-helikopter érte el a mintegy három évtized előtti géptípusaival a nemzetközi szakirodalom megállapításai szerint. A kis 130 LE-s helikopter felszállási sebességét, csavarjai 90 százalékos jósági fokát, automatikus stabilitását, egyszerű kormányzását még a mai, több ezer lóerős korszerű gépek sem tudták ez ideig felülmúlni.

2. A kétrotoros rendszerben a másik nagy csoportot az egymás melletti tengelyű (desaxiális) megoldás alkotja.

A kétrotorosak között legeredményesebb és legelterjedtebb megoldás, amelynél a két egymás mögötti, tandem-

elrendezésű, ellentétes forgású rotor a géptörzs elején és a magasabbra épített hátsó részén van elhelyezve. Ez a két-rotoros helikopter-rendszer negyedik csoportja. A második rotort azért helyezik magasabbra, hogy az első rotor légáramlása vízszintes repülésnél ne befolyásolja a hátsót. Kiegyenlítőten csavaróerő ennél a megoldásnál sincsen. A rotorokat külön motorok hajtják. Az e rendszerben épült gépek érték el eddig a legjobb eredményeket. Különösen teherszállításra bizonyult alkalmazásuk nagyon célszerűnek. Sok helikopter épül ebben a géprendszerben a Szovjetunióban — ezek tartják a terhelési világrekordokat —, valamint Amerikában és Angliában.

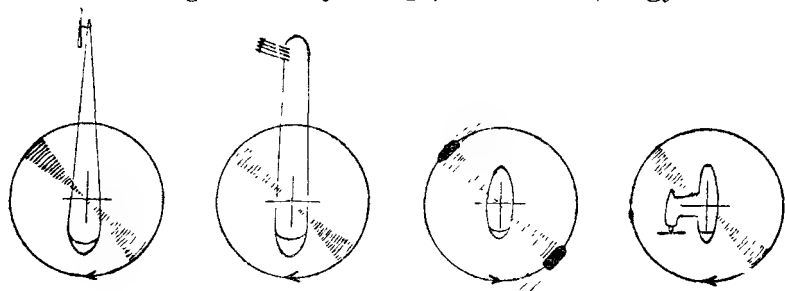
A gép főbb méreteinek csökkentése érdekében egy-két helikopter-tervező a két desaxiális rotor tengelyét olyan közel hozza egymáshoz, hogy a rotorok forgási felületeinél átlapolás következik be. Ennek következtében a törzsből jobbra-balra kinyúló tengelyek kissé ferdén kifelé állnak, a rotorszárnyak fogaskerékszerűen ügyszólván egymásba kapcsolódnak. Így az egymást csak részben fedő rotorok két különféle irányú ellentétes forgású légáramlása nem befolyásolja egymást olyan kedvezőtlenül, mint a koaxiális elrendezésű rotorok esetében. Az ellentétes forgású desaxiális rotoroknál szintén semlegesítve van a gépet forgatni akaró torzióerő. Ezzel a rendszerrel már több mint 10 éve folytatott kísérleteket a német *Flettner*, amíg gyakorlati eredményt ért el. Az amerikai *Kaman* szintén ilyen rendszerű gépeket épít.

3. A harmadik csoportot azok a helikopterek alkotják, amelyeknél a géptörzstől jobbra-balra elrendezett két, egymás melletti desaxiális rotort egy motor hajtja kúpkerékközlőművek és kardántengelyek útján. Szabad forgatóerő szintén nincsen ennél a megoldásnál. Az 1937-ben világrekordokat felállító német *Focke*-helikopter óta nem épült ilyen gép.

A két rotor rendszerű helikopternél, legyenek azok koaxiális, tehát egy (képzelt) tengelyen egymás alatti elrendezésűek vagy desaxiális, azaz két különálló tengelyűek, minden esetben rotorjaik egymással ellentétes forgásúak és kényszerkapcsolásúak. Az előbbi megsemmisíti a torzióerőt, az utóbbi pedig biztosítja, hogy a két rotor minden repülési körülmények között pontosan egyforma fordulatszámmal forogjon, ami nélkül nem lenne azonos a felhajtóerejük.

A másik nagy család az egyrotoros helikopterek rendszere. Ezekből is három csoportot ismertetünk:

1. A közlőmű és tengely közbeiktatásával, motorral forgatott rotor forgónyomatékát úgy egyenlítik ki, hogy a hosszúság géptörzs végén kis átmérőjű húzólégcsavart alkalmaznak. A húzólégcsvár hajlásszöge, emelkedése, s így a húzó-



A rotor a forgásával ellentétes irányú forgatónyomatékot kelt. Ezt a törzs végén alkalmazott légcsvár egyenlíti ki. Amennyiben a rotort az ágak végén elhelyezett gázsugárhajtóművek forgatják, kiegyenlítésre nincs szükség, mert itt a hatás—ellenhatás elve érvényesül.

ereje is szabályozható. A húzócsavart ugyanaz a motor forgatja azonos fordulattal, kardántengelyek és kúpkerék-közlőművek közbeiktatásával. A segédlégcsvár vízszintes tengelye merőleges az előrehaladási irányra, azaz a kis csavar forgási felülete párhuzamos a gép hossz tengelyével.

Ha a segédlégcsvár egyedül forogna, a rotor pedig állna, akkor a géptörzs végét, s így az egész gépet a rotor függőleges tengelye körül forgatná. Ha azonban a rotor forgása közben olyan torzióerő jön létre, amely a gépet a rotortengely körül pl. balra igyekszik elforgatni, a húzólégcsvár a géptörzset ezzel ellentétesen jobbra törekszik forgatni. A kis csavarnak olyan húzóerőt kell létesítenie, amely azonos a rotor forgatása közben fellépő, a kis húzócsavar helyének megfelelő távolságban létesülő kerületi torzióerővel. Ezzel az *ellentorziós* légcsavarral történik az egyrotoros gép forgatóerejének ellen-súlyozása. A kis segédlégcsvár emelkedésének forgása közbeni beállításával szabályozza a pilóta az ellentorziós csavar húzóerejének nagyságát. Ha a pilóta a motorüzemet gáz-

szárnyvégekre ható löktető üzemi hajtóműves és rakéta-hajtású megoldás. Az előbbi típus az amerikai XA—26 *Jeep*, az utóbbit pedig a szintén amerikai *Kellett-gyár* KH—15-típusú gépe képviseli.

FORGÓSZÁRNYÚ VITORLAZÓGÉPEK

Végül nem hagyhatjuk említés nélkül a forgószárny-rendszer igen érdekes változatát, amellyel a negyvenes évek közepe táján kezdtek el foglalkozni. Ez pedig a forgószárnyú vitorlázó repülőgép. Sajnos, erről az új géptípusról csak kevés közlemény látott napvilágot, s így a vitorlázó-repülők nagy tömege vagy semmit, vagy alig tud valamit erről az új lehetőségéről. Ennek tudható be, hogy a vitorlázó repülésnek ezzel az új és rendkívül érdekes ágával nem foglalkoznak olyan mértékben, ahogyan megérdemelné.

Egy egész egyszerű, piramis szerű acélcsőváz aljára van a futóművet alkotó három — elől egy, hátul két — kerék szerelve. A csőváz hátranyújtott végén vannak a kormányfelületek, elől burkolatlanul, teljesen szabadon van a pilóta-ülés. A piramis tetején van lazán ágyazva egy kétágú, 5,5 m átmérőjű rotor. A gép üres súlya csupán 54 kg, tehát kis része csak egy sárkány-vitorlázó gépnek. A hasznos terhelés 190 kg, tehát két személy befogadására alkalmas. A gépet leszerelt állapotban egy nyitott személyautó hátsó ülésén el lehet helyezni. A felszálláshoz ugyancsak egy személyautó szolgálhat vontatóként. Leszállásnál a gép kifutása csak 6—9 m. Figyelemre méltó, hogy az egyszemélyes repülésnél a rotor körfelületi fajlagos terhelés csupán körülbelül 6 kg négyzetméterenként, ami egészen alacsony süllyedési sebességet tesz lehetővé és nagy biztonságot nyújt.

Az ilyen forgószárnyú gép egészen új vitorlázási lehetőségeket nyújt. A sárkányrendszerű vitorlázással szemben lényegesen nagyobb a biztonsága. Itt csak arra mutatunk rá, hogy a szél- és légáramlás-változásokra az ilyen gép nem reagál olyan gyorsan és nagymértékben, mint a sárkány-vitorlázó. Ha egy ilyen forgószárnyú hirtelen szélmentes lég-rétegbe jut, a sárkánnyal ellentétben nem fog átesni, hirtelen süllyedni, minthogy a felhajtóerőt itt — a szélcsend ellenére — továbbra is szolgáltatják a forgószárnyak s a szárny-

forgás következtében továbbra is megvan a felhajtóerőt létesítő viszonylagos sebesség. A sárkánynál viszont — az álló légtömeg és a merev szárny közötti — viszonylagos sebesség hirtelen lemorzsolódik. A vitorlázók nagy ellensége: a szélcsendes zóna veszélye tehát itt csak hosszan, lassan jelentkezik és ezalatt a gép mindig manőverképes. De még sok érdekes lehetőség rejlik ebben az új vitorlázási rendszerben.

Az újrendszerű vitorlázórepüléssel a Szovjetunióban foglalkoznak a legjobban, továbbá Amerikában. Sajnos, Magyarországon az új sport iránt még semmi jele az érdeklődésnek.

Hogy a felsorolt rendszereken kívül milyenek fognak még a jövőben kialakulni, arra nézve csak találgatásokra, jóslásokra vagyunk utalva. Az azonban biztos, hogy ez a géprepülési rendszer, amely csak most van a kezdeti kialakulás állapotában, még sok meglepetést tartogathat a jövőre.

DUGATTYÚSOK, LÖKÖSÖK, RAKÉTÁK

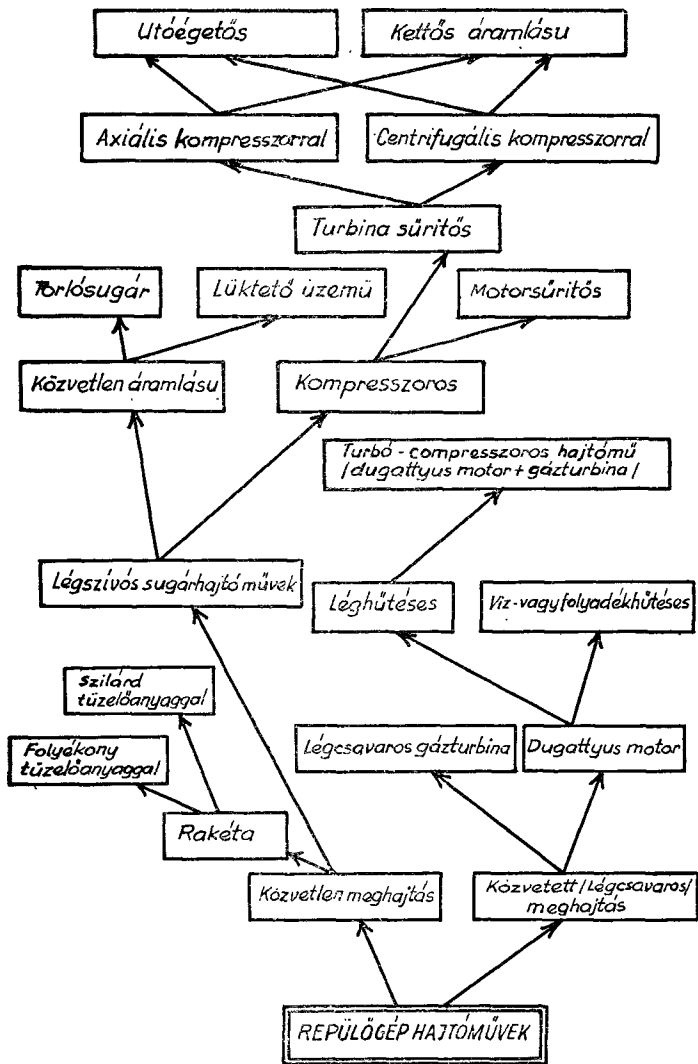
A második világháború kitöréséig a belsőégésű dugattyús motor volt a repülőgépek kizárólagos erőforrása. Ezek a repülőgép-hajtóművek a teljesítmények növelésével és a súlyok csökkentésével az automotorokból fejlődtek ki. Ezen a téren a technika — a géprepülés fejlődésével párhuzamosan — óriásit haladt előre. Ennek bizonyítására érdemes néhány számszerű példát is idézni.

A világ első embert is szállító repülőgépének, az amerikai *Wright*-testvérek 1903-ban bemutatott gépének motorja kb. 110 kg összsúllyal kb. 12 lóerőt szolgáltatott. Ez azt jelenti, hogy 1 lóerő motorteljesítményre kb. 10 kg motorsúly jutott. A szakember ezt úgy mondaná, hogy a motor lóerőkénti fajlagos súlya 10 kg volt. Ma pedig egy korszerű, például 1000 lóerős repülőgépmotor súlya mindössze kb. 350 kg, ami lóerőnként 35 dkg fajlagos motorsúlynak felel meg. De ez még korántsem az elérhető végső határ, mert jól tudjuk, hogy a mai belsőégésű motorok igen rossz hatásfokkal alakítják át a befektetett energiát munkává. Manapság ugyanis még a legkorszerűbb repülőgép-benzinmotorok is csak 25—30, a nyersolajmotorok pedig legfeljebb 30—40 százalékos hatásfokot érnek el, ami azt jelenti, hogy a befektetett energiának csupán 25—40 százaléka alakul át hasznosítható munkává, a többi a teljesítmény szempontjából haszontalanul kárbavész. Ez különben a belsőégésű motorok egész nagy családjára egyformán vonatkozik.

Az első világháború végéig a repülőgépipítők egyformán alkalmaztak víz- és léghűtésű motorokat. A vízhűtésű motorok hengerei — akárcsak az autómotorok — soros, a léghűtéseseké pedig — néhány kivétellel — csillag-alakú elrendezésű volt.

Ebben az időben igen elterjedtek voltak — főként a könnyű, nagysebességű vadászgépeknél — a csillagalakú forgó motorok. Ezeknél a motor tengelye volt a sárkányhoz rögzítve, s a motorház forgott a hengerekkel együtt a rá szerelt légcsavarral. Igen kedvelt volt például az első világháborút megelőző években a héthengeres francia *Gnome* forgómotor, amely porlasztó nélkül működött. Tüzelőanyaga az egész könnyű, 0,660—0,680 fajsúlyú, gyorspárolgású benzin volt; ez az üreges, álló főtengelyen keresztül folyt be a forgó forgattyús motorházba, ahonnan a levegővel kevert gáz a dugattyúfejen alkalmazott csavarrugós, önműködő szelepen keresztül szívódott be a hengerbe. Minthogy a kenőolaj ugyancsak a furatos főtengelyen jutott be a forgattyúsházba, csak növényi (ricinus-) olajat lehetett alkalmazni, mert ez a benzinben nem oldódik. Az ásványolaj-alapú kenőanyagok ugyanis oldódnak a benzinben, s minthogy így az oldódás révén a könnyűbenzin nehézfajsúlyúvá, lassan párolgóvá alakul át, ez lehetetlenné teszi a motor üzemét.

A *Gnome*-motornak nagy hátránya volt jelentékeny *giroszkopikus* hatása, ami abban nyilvánult meg, hogy a nagytömegű forgómotor az irányváltozásoknál a repülőgépet fel- vagy lenyomni, illetve oldalra tolni igyekezett. De jelentős hátránya volt a nagy benzin- és olajfogyasztás is, mert az említett önműködő szívószelepek következtében a motornak mindig teljes gázzal, teljes fordulatszámmal — percenként 1100—1200 fordulattal — kellett járnia, nem lehetett alacsonyabb fordulatra fojtani. Ezt a pilóták némi ügyeskedéssel, a gyújtás gombnyomásos rövid kikapcsolgatásaival igyekeztek pótolni. A háború végén az új *Le Rhône* és *Clerget*-forgómotorokat már porlasztóval, vezényelt szívószelepekkel szerelték fel, s így fordulatszámuk szabályozása megoldódott. Ezek a motorok 50, 100, 120, később pedig még nagyobb lóerőtjeljesítményt is elértek.



A repülőgéphajtóművek felosztása.

Az első világháború után két magyar mérnök is végzett feljegyzésre méltó kutatómunkát a dugattyús motorok tökéletesítése területén. Kettőjük közül *Szklenár Ignác* jutott el a gyakorlatban is messzebbre, aki új rendszere szerint több motort épített kiváló eredménnyel. Már az első kísérlete is meglepő eredményt hozott. Egy 100 lóerős forgó *Gnome*-motort alakított át rendszere szerint. Az átalakítás eredményeként motorja — többszörös ellenőrzés mellett — 50 százalékkal nagyobb teljesítményt adott, 30 százalékkal kevesebb benzinfogyasztással.

De több más tekintetben is jobb volt a *Szklenár*-motor hatásfoka minden eddiginél. A motorhengerek állandó hőmérséklete például alig haladta meg a 100 C fokot. Németországban, Svédországban, majd Franciaországban is épültek ilyen *Szklenár*-rendszerű kísérleti motorok kiváló eredménnyel, sőt *Szklenár* kísérleteit a Francia Tudományos Akadémia ülésén is ismertették. Sajnos, a szerencsétlen körülmények láncolata következtében a *Szklenár*-motor általánosan nem terjedt el. Végül is a feltaláló 1955-ben halt meg Magyarországon, magárahagyatottan, szegényen.

A másik magyar motort *Zachariás István* mérnök tervezte. *Zachariás* káros tér nélküli állómotorjának hatásfoka több tekintetben még a *Szklenár*-motornál is jobb volt. A második világháború elején *Zachariás*nak sikerült nagy nehézségek árán Budapesten egy kis kísérleti motort építenie, a kezdeti apró-cseprő nehézségek leküzdése azonban az amúgy is csekély anyagi lehetőségeit kimerítette, s a kísérleteket abba kellett hagynia. Közvetlenül a második világháború előtt az angol *Aspin*-cég készített a *Zachariás*-elvhez nagyon közelálló kísérleti motort, amely bámulatos eredményeket adott. Csupán az olajozás kérdését nem tudták megoldani, ez a probléma viszont éppen *Zachariás*nál zseniálisan volt megoldva. Így azután az angol kísérletek is félbemaradtak. *Zachariás*, akárcsak *Szklenár*, Budapesten halt meg, elfeledten egy kórházi ágyon...

Hogy a mai korszerű repülőgépmotorok annyira megbízhatóak és löerőnkénti súlyuk olyan bámulatosan kisebbedett, ez nagyrészt a fejlődéssel párhuzamosan kifejlesztett nagy teljesítőképességű és nagy ellenállású acélanyagok ki-termelésének köszönhető.

Tudnivaló ehhez, hogy az anyagok hőhatásra terjedelmüket, alakjukat többé-kevésbé megváltoztatják, azaz deformálódnak. Vegyük most tekintetbe azt is, hogy a motorhengerben mozgó alkatrészeket — a dugattyút, a szívó- és kipufogószelepeket — igen nagy, legtöbbször egy ezred milliméternyi pontossággal kell megmunkálni, hogy a henger tökéletes tömítését biztosítsák, ami előfeltétele a motor maximális teljesítményének. Ha mármost ezek a nagy pontossággal illeszkedő, óriási sebességgel mozgó alkatrészek olyan különböző hőhatásoknak vannak kitéve, amelyek a másodperc töredéke alatt rendszeresen ismétlődnek, nagy a veszélye az alkatrészek deformálódásának, ami viszont a helyes motorműködést biztosító tömítést teszi lehetetlenné.

Érthető tehát, hogy az első világháború óta sok száz kutatólaboratórium tevékenysége irányult olyan új acélfajták és ötvözetek kifejlesztésére, amelyek a tekintélyes hőkülönbözetek ellenére is megtartják szilárdságukat, s nem deformálódnak a motor üzemére veszélyes mértékben. Nyilvánvaló, hogy a repülőgépmotorok üzembiztonságát, nagy teljesítményét és hosszú élettartamát csak ilyen anyagokkal lehet biztosítani.

A különleges motorszerkezeti anyagok kifejlesztésében már a második világháború előtt világszerte kiemelkedő eredményeket értek el. Közvetve az első nagytávolságú óceánrepülések is az új motorszerkezeti anyagok létrejöttének köszönhetőek, mert ilyen feladatok megoldását csak hosszabb, megszakítatlan üzem céljaira is alkalmas, megbízható repülőgépmotorok kifejlesztése tette lehetővé.

Hogy a korszerű repülőgépmotorok egyes alkatrészeinek óriási teljesítményeit és terhelését megérthessük, érdemes például a dugattyúk és a szelepek mozgását egy példán is szemügyre venni.

Ha egy motor percenkénti fordulatszáma például 3000, a motortengely fordulatszáma másodpercre átszámítva 50. A motortengely minden fordulata alatt a dugattyú egy felfelé és egy lefelé haladó mozgást végez a hengerben. Tegyük fel, hogy a dugattyú lökethossza 15 cm. A dugattyú ebben az esetben fordulatonként kétszer futja be a 15 cm-es utat, tehát másodpercenkénti 50 fordulathoz a dugattyú átlagsebessége 15 méter lesz másodpercenként.

Vannak motorok, amelyeknek dugattyúi 18—20 m/mp, sőt ennél nagyobb sebességűek. A nagy dugattyúsebességek azonban a motor hatásfokát igen károsan befolyásolják a holtpontképződés, valamint a rendkívüli gyorsulás és lassulás következtében. A példának vett 15 centiméteres útjuk alatt a dugattyúk az alsó és felső holtpontjukon egy pillanatra nyugalmi helyzetbe kerülnek. Az alsó holtpont után a lökpálya közepéig — tehát 7,5 cm-es út alatt — a legnagyobb sebességükig fel kell gyorsulniuk. Az út közepénél tehát a tényleges sebességük mintegy kétszerese a 15 m/mp-es átlagsebességüknek. Az útközép után viszont a kb. 30 m/mp legnagyobb sebességüket a felső holtpont elérésekor, hacsak egy pillanatra is, de nyugalmi helyzetté kell lelassítaniuk. A felső holtpont után ismét gyorsulás, az útközéptől pedig az alsó holtpontig megint lassulás következik be. E le-fel való dugattyúmozgás legnagyobb sebességhatára az egyik főakadálya a mai motorok teljesítménynövelésének.

A SZELEPEK KÁPRÁZATOS JÁTEKA

Az igazi nagy lehetetlenség azonban a mai motoroknál a szelepek mechanikája. Vegyünk ismét egy számpéldát. Minden motorhenger fején van egy vagy két szívó- és ugyancsak egy vagy két kipufogószelep. Az előbbin keresztül — amikor a dugattyú a felső holtpontból lefelé halad — ömlik, szívódik a hengerbe a friss gáz, az utóbbin keresztül pedig —

amikor a dugattyú a felső holtpontra felé megy vissza — pufog ki az elégett gáz. Az első ütem alatt a szívó-, a negyedik ütem alatt pedig a kipufogószelep vagy szelepek vannak nyitva. A második ütem alatt — amikor a dugattyú a gáz beszívása után ismét felfelé halad, tehát a beszívott gázt összenyomja — a szívó- és kipufogószelep zárva van. Épp-úgy zárva van mindkét szelep a harmadik ütem alatt is, amikor a gáz összenyomása és az égés megtörténte után a dugattyú az alsó holtpontra jut.

Minthogy a négy ütem két motortengely-fordulat alatt megy végbe, egy-egy szelep nyitása, nyitva tartása és zárása egy-egy fél motorfordulat alatt történik. Tekintve, hogy a motor fordulótát másodpercenként 50-nek vettük, azaz egy fordulat ideje $1/50$ mp, következésképpen egy-egy szelep nyitásának, zárásának $1/100$ mp alatt kell megtörténnie.

A szelep tulajdonképpen olyan acéltányér, amely a hengerfejen levő köralakú nyílást lefedi. Lényegében úgy működik, hogy a tányér igen kis magasságra, úgyszólván csak milliméterekre felemelkedik, s így a lefelé haladó dugattyú a kissé felemelt szeleptányér körül a friss gázt beszívja, vagy a felfelé haladó dugattyú a kipufogószelepnél az elégett gázt kilöki.

A szelepeket rugó szorítja a hengerfej szelepnyílására, a szeleptányérok felemelését pedig a vezértengelyen alkalmazott bütykök végzik. A vezértengely bütykei a szeleptányérból lenyúló szelepszárra hatnak, illetve az állandó rugónyomást legyőzve fellökik őket. Az előbbi $1/100$ mp-es végtelenül rövid munkaszakasz következtében a szelepszárra és a tányérra olyan erők hatnak, mintha kalapáccsal vernék őket. Emellett a szelepek nagy hőkülönbségeknek vannak kitéve. Mindezek ellenére azonban a szelepeknek a legtökéletesebben kell zárniuk. Ebből látható, hogy az ilyen célra alkalmas acélanyag kifejlesztése milyen nagy laboratóriumi munkát követelhetett. De a szelep még így is a legsebezhetőbb pontja a legkorszerűbb repülőgépmotoroknak, s a motor-üzemzavar ma is legtöbbször szeleptörésből vagy szeleptömítetlenségből adódik.

Elképzelhető, hogy az ilyen végtelenül kis ideig, néhány milliméterre felemelt szeleptányér, illetve szelepnnyílás mellett, a henger sohasem szívhatja magát tele kellő mennyiségű friss gázzal.

Hogy a hengereket a lehetőséghez képest kellő sűrűségű gáztöltéssel láthassák el, a motorokat kompresszorral, légsűrítővel kapcsolják össze, amely a gázt a motorokba bepréseli.

Ilyen sűrítő berendezéssel, amely meglehetősen súlyos és nem csekély energiát vesz el a motortól, a legtöbb korszerű repülőgépmotort ellátják a magassági repülés gazdaságossá tétele érdekében. Tudnivaló ehhez, hogy a levegő sűrűsége a magasság növekedésével csökken. Míg pl. a levegő sűrűsége a tengerszint magasságában 1, 4000 m magasságban csak 0,67, 5000 m-en 0,6, 6000 m-en 0,54, 7000 m-en 0,48, 8000 m-es m-en 0,43, 10 000 m-en 0,34 és 20 000 m-en csupán 0,074. A motor teljesítménye a légsűrűség csökkenésével arányosan csökken.

A légsűrítő azonban a csökkent légsűrűség ellenére is a motorhengerekbe a lehetőséghez képest a szükséges sűrűségű és összetételű gázkeveréket préseli be, ami lehetővé teszi, hogy az ilyen „magassági motorok” a magasabb lég rétegekben is lényegesen nagyobb lóerőt teljesítményt adjanak. Huzamos magassági repüléshez a kompresszoros motor nélkülözhetetlen.

Minthogy a magasság növekedésével a légsűrűség csökken, ennek következtében a levegő ellenállása is kisebb. Kézenfekvő tehát, hogy nagyobb távolságok berepülésére ezt az előnyt kihasználják, mert, ha nagyobb magasságban a motor a kompresszor alkalmazása révén pl. megközelítően akkora lóerőt teljesítményt ad le, mint a tengerszint magasságában, a repülőgéppel lényegesen nagyobb sebesség érhető el, mint alacsonyabban. Természetesen a légsavár húzóerejének megfelelően növekedni kell, amit állíthatósága biztosít. Főként tehát a nagyobb, több ezer kilométeres távok berepüléséhez a magassági repülés sokkal gazdaságosabb.

A kétütemű motorok nem váltak be a repülésben. Bennük a négyütemű motor munkája két ütemre van csökkentve, tehát a dugattyú egy lefelé haladó mozgása alatt az égés és a friss gáz beszívása, a dugattyú felfelé haladó mozgása alatt pedig az elégett gáz kipufogása és a beszívott friss gáz összenyomása megy végbe. Ezek a motorok egyéb hátrányaik mellett lényegesen több üzemanyagot fogyasztanak, mint a négyüteműek.

A második világháború után a motorteknika mind nagyobb és nagyobb mértékben foglalkozott a nyersolajtüzeltetésű repülőgépmotorok kifejlesztésével. A nyersolaj alkalmazásánál elsősorban a gazdaságosság a főcél. Amíg ugyanis a benzinmotorok lóerőóránként 200—300 gramm tüzelőanyagot fogyasztanak, a nyersolajmotorok fogyasztása ennél lényegesen kevesebb. Azonos mennyiségű nyersolajjal tehát lényegesen nagyobb távolság repülhető be, mint a benzinnel. Az is lényeges előny, hogy a nyersolaj nem tűzveszélyes, nem gyúlékony, mint a benzin.

TELJESÍTMÉNYNÖVELÉS A SŰRÍTÉSI ARÁNY NÖVELÉSÉVEL

De egyéb út is kínálkozik a motor teljesítményének fokozására. Ez az ún. sűrítési arány növelése. A sűrítési arányon a hengerbe beszívott gázmennyiség úrtartalmának a dugattyú által a hengerfejben összesűrített gáz úrtartalmához viszonyított arányát értjük. Ha például 1 liter úrtartalmú hengerbe szívott gázt a dugattyú 0,2 literre sűríti össze, a motor sűrítési aránya 1 : 0,2-höz azaz 5 : 1-hez. Benzinmotoroknál a sűrítési arány csak kb. 5—6-szoros lehet. A nagyobb sűrítésnek a gázkeverék öngyulladása állít gátat. A felhevült hengerben ugyanis az ennél jobban összesűrített keverék a szükségesnél hamarabb robban, mielőtt még a gyakorlatilag megállapított legalkalmasabb pillanatban a gyújtógyertya szikrája a gázkeveréket meggyújtaná. Ez természetesen azt eredményezi, hogy a motor teljesítménye erősen csökken.

Hogy a sűrítési arányt megnövelhessék és így a motorteljesítményt fokozhassák, nagyarányú kísérleteket folytattak

a benzinnek olyan anyagokkal való keverésére, amelynek a benzingáz és levegőkeverék időelőtti öngyulladását megakadályozzák. Ezt csekély mennyiségű ólomféleség kellő hozzákeverésével érték el. Az így nyert benzint a minél nagyobb sűrítés alkalmazásánál bekövetkező öngyulladás fokától függően „oktánszámmal” jelzik. Minél nagyobb egy benzinféleség oktánszáma, annál nagyobb sűrítési arányt lehet vele elérni. Ma minden korszerű motorhoz a megfelelő oktánszámú benzint használják. Az egyes motortípusokhoz tehát ma már nem fajsúly szerint írják elő a benzinminőséget, hanem oktánszám szerint. Az ilyen kevert benzinféleségek alkalmazásával sikerült a motorok sűrítési arányát a régiekével szemben emelni. Ez az egyik főoka a mai motorok kicsiny fajlagos súlyának.

JOBBAT A DUGATTYÚS MOTORNÁL!

A második világháborút megelőző években a dugattyús motorral felszerelt repülőgépek az akkori követelményeket mindenben kielégítették. Elegendő, ha csupán a *Condor*-gép atlantióceáni és távolkeleti rekordrepüléseire, *Pezzi* olasz repülőtiszt 17 000 m-es magassági rekordjára, vagy a 755 km/órás sebességet elért *Me 109 R* versenygépre utalunk. De a dugattyús gépek már jóval előbb is fényesen bizonyították használhatóságukat. *Lindbergh* 1927-ben átrepülte az Atlanti-óceánt, *Cskálov* és *Gromov* a Sarkon keresztül repültek a Szovjetunióból Amerikába, *Byrd* pedig már sarki felfedezőútjain is rendszeresen használta a repülőgépet. A világot keresztül-kasul hálózták a légiforgalmi vállalatok vonalai, s szerte a világon százezrek hódoltak a repülés nagyszerű sportjának.

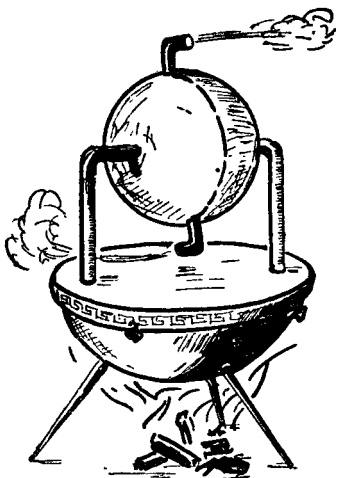
Csupán egy terület volt, ahol egyre magasabbra emelték a követelményeket, s ez a katonai repülés volt. A katonai vezetők még gyorsabb, még erősebb, még magasabbra szálló repülőgépeket követeltek a tervezőktől, hogy támadásaikat az elhárítók részéről elérhetetlen sebességgel és magasságban hajthassák végre, vagy, hogy a támadót így fogadhassák. A dugattyús-légcsavaros motorok a további teljesítményszélesítésnek már nem felelhetek meg, hiszen bizonyos ponton túl teljesítményeiknek a fizikai törvények szabnak határt.

Ennek következtében a szemben álló felek repülőgépeinek teljesítménye nagyjából kiegyenlítődött.

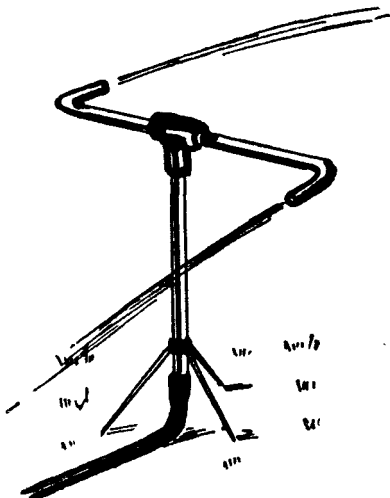
A második világháború éveiben a hadviselő felek számára döntő fontosságúvá vált a harci gépek teljesítményeinek növelése. Ez a törekvés vezetett az új, sugárhajtású hajtóművek „felfedezéséhez”, ami — bátran mondhatjuk — új korszakot nyitott a repülés történetében.

HERON GÖMBJÉTŐL A RAKÉTAIG

Vajon helyesen beszélünk-e „felfedezésről”? Hiszen a fizika történetéből tudjuk, hogy a sugárhajtás fizikai elvét évezredek óta ismerjük. Tudjuk, hogy az alexandriai



Heron, ókori tudós építette az első reaktív szerkezetet. A katalánban fejlesztett gőz a csöveken át a gömbbe, majd onnan a meghajlított csöveken át a szabadba áramlik. A gömb a gőzkiáramlás irányával ellentétes irányban forog.



A Segner-kerék jól szemlélteti a hatás—ellenhatás (akció—reakció) elvét. A csövekből kiáramló víz sugár hatására a kerék a víz sugár irányával ellentétes irányban forog.

Heron vízzel töltött gömbjét a tűz hatására benne keletkező gőzsugár hajtóereje forgatta. De Segner, pozsonyi honfitársunk híres kerekét is a belőle kiáramló víz sugár visszaható ereje tartotta mozgásban. New-

ton, minden idők egyik legnagyobb fizikusa is tervezett olyan kocsit, amelyet a gőzsugár reakcióerejének kellett volna hajtani. Sőt, a régi-régi krónikák is beszámolnak már rakétákról, amelyeket ünnepek alkalmával lövöldöztek a magasba. Ezeket a bennük elégő puskaapor égési gázainak sugara emelte fel. *Van-Hu* kínai mandarin maga is megpróbált ilyen rakétával hajtott sárkánnyal repülni. Az 1500 körül tervezett kísérleti repülésből azonban nem lett semmi, mert a szerkezet, annyi más későbbi kísérlethez hasonlóan, az indulásnál felrobbant.

Ezek és a későbbi évszázadok során végrehajtott próbálkozások — jól tudjuk — nem jártak sikerrel. Csak a XX. század derekán jutottunk el addig a technikai fejlődésben, hogy hasznosítani is tudtuk a régi-régi fizikai elvet. Felfedezés helyett tehát helyesen csak alkalmazásról beszélhetünk.

A sugárhajtású hajtóművekkel a XIX. század utolsó évtizedeiben a svájci Hermann *Ganswindt*, majd a XX. század elején az orosz Konsztantin Edvárdovics *Ciolkovszkij* foglalkozott először tudományos alapossággal. Felfedezték a folyadékos üzemanyagú sugárhajtóműveknek azt az előnyét, hogy égésük sokkal pontosabban szabályozható, mint a sokszor „csütörtököt mondó” puskaaporos rakétáké. Rájöttek arra is, hogy a levegő nélküli térben, tehát a világűrben közlekedő járművek hajtására csak a rakéta alkalmas, hiszen légkör hiányában a repülőszerkezet előrehaladását csak a reaktív erő biztosíthatja.

Ganswindt és *Ciolkovszkij* munkái csakhamar visszhangra találtak, s többen kezdtek foglalkozni a sugárhajtóművekkel. Külön meg kell említeni ezen a területen a magyar származású *Oberth* úttörő munkásságát.

Az építési anyagok megbízhatatlansága, a szerkezetek tökéletlensége azonban sok kudarcot okozott, s így a rakétahajtóművek említésre sem tarthattak számot az akkor már közel egy évszázada sikerrel használt gőzgépek, s az egyre tökéletesebbé váló dugattyús benzinmotorok mellett. A legkomolyabb ellenérv ellenük az óriási arányú gazdaságtalanság és a veszélyességük volt.

A két világháború közötti évtizedekben sokan egyengették a sugárhajtású hajtóművek útjait, de az igazi jövő csak akkor nyílt meg előttük, amikor a bennük rejlő lehetőségekre a katonai vezetők is felfigyeltek.

Ebben jó része volt annak, hogy a sugárhajtóművek — amelyek közül a „legklasszikusabb” a rakéta — közlekedési járművekbe építve is sikereket értek el. Opel, német autógyáros rakétával hajtott versenyautókat, vasúti hajtányokat épített, sőt a rakéta, mint hajtómű a vitorlázórepülőgépekre is felkerült. Az első, sugárhajtású hajtóművel felszerelt vitorlázórepülőgép 1928. június 11-én, a német motornélküli repülés központjában, a Wasserkuppen emelkedett a levegőbe.

A német hadsereg vezetői azonban nem a földi vagy légi járművek hajtására akarták kifejleszteni az újszerű hajtóművet, hanem arra gondoltak, hogy alkalmazásával helyettesíthetik a messzehordó tűzérseget. Így született meg a V—2 rakéta. Hosszúsága 15 m, súlya 14 t volt. A rakéta 4,8 t folyékony oxigén és 3,8 t alkohol felhasználásával mindössze egy percig működött. Belőle az elégett gázok 2300 m/mp (kb. 8300 km/ó) sebességgel áramlottak ki. A lövedék legnagyobb sebessége 5400 km/ó, elért legnagyobb magassága 100 km, hatósugara pedig 320 km volt.

A rakétáknak ugyanis minden előnyük mellett van egy olyan rossz tulajdonságuk, ami abban az időben rendkívül bonyolulttá tette földi vagy légijárművek hajtására való alkalmazásukat. Ez pedig az óriási fogyasztásuk. Annak idején egyszerűen nem tudtak olyan repülőgépeket építeni, amelyek befogadták volna a szükséges üzemanyagot. Hasznos terhelésről persze már szó sem lehetett. Ez volt az oka annak, hogy a feltalálók a sugárhajtás elvén működő más, gazdaságosabb megoldások felfedezésén fáradoztak.

MIÉRT NEM VOLT JÓ A DUGATTYÚS MOTOR?

De lássuk, miért nem voltak elégedettek az akkori idők legkönnyebb és egyben egyik legtökéletesebb motorjával, a dugattyús motorral? A dugattyús motor súlya meglehetősen nagy a teljesítményéhez viszonyítva. Úgy mondják ezt szaknyelven, hogy nagy a lóerősúly, azaz sok kilogramm vagy dekagramm jut egy-egy teljesített lóerőre. A második világháború kezdetekor kb. 35 dkg/lóerő volt a motorsúly, azaz

egy 1000 LE-es dugattyús motor súlya elérte a 350 kg-ot. A dugattyús motor alkatrészei ide-oda járó, holtpontos mozgást végeznek, emiatt nagy a terhelésük, erősre kell őket méretezni. Mozgás közben csak minden negyedik „ütem” termel, a másik három csak „kiszolgáló” művelet. Bonyolult az üzemanyagellátás és a gyújtóberendezés. Ezek mind-mind sok hibalehetőséget rejtenek magukban. Ezenkívül a dugattyús motorok alakja nem túlságosan idomul a legkedvezőbb áramvonalas alakhoz, különösen a csillagmotoroké nem. A dugattyús motorban igen sok és a legkülönbélebb mozgást végző alkatrész van, ami sok hibaforrást létesít. A szükségesnél korábbi, teljesítménycsökkentő öngyulladás elkerülésére különleges, drágább üzemanyagot kell alkalmazni.

A dugattyús motorok által a tengelyre, forgó mozgással átvitt energiát valamilyen közvetítő szerkezet, ebben az esetben a légsavar segítségével kell átalakítani húzó- vagy tolóerővé. A légsavar igen pontos megmunkálást követelő alkatrész. Különösen az önbeálló emelkedésű légsavarok, amelyeket a kompresszoros motoroknál, magassági repüléseknél használnak, hogy a légsavar a ritka levegőben se veszítsen sokat húzóerejéből, bonyolultak és drágák. A légsavar miatt a motor elhelyezésére különös gondot kell fordítani. De a legdöntőbb az, hogy a légritkulás korlátot állít a légsavaros repülőgép repülési magasságának fokozása elé.

MIT NYÚJT A RAKÉTA ÉS A GÁZSUGÁR HAJTÓMŰ?

Mindezeket a hibákat a sugárhajtású hajtóművek alkalmazása egycsapásra kiküszöbölné. Lássuk például az előbb már említett V—2 harcirkakéta közel félmillió lóerő teljesítményű rakétahajtóművét. A hajtómű igen kicsiny, súlya az üzemanyagszivattyúkkal együtt alig több 1 tonnánál. Lóerő-súlya tehát 0,002 kg, így fajlagosan összehasonlíthatatlanul könnyebb, mint az imént említett 1000 LE-s dugattyús motor. Mozgó alkatrésze egyáltalán nincsen, csupán az üzemanyagszivattyúknál. Gyújtását csak egyszer kell beszabályozni. Üzemanyagellátása már nem ilyen egyszerű, de ha gondosan tervezett és kivitelezett szállítóhálózattal készül, biztonságosabb, mint a legtokéletesebb dugattyúsmotoré. De mindenek-

előtt óriási teljesítménye az, ami leginkább felkeltette a tervezők érdeklődését.

De legyünk tárgyilagosak, s lássuk a hátrányokat is. Ehhez a hajtóműhöz olyan új szerkezeti anyagokra van szükség, amelyek az égés óriási hőmérsékletén is bírják a nagy nyomást, nem veszítenek szilárdságukból. Minthogy a rakéta lényegében nyitott kamra, igen sok üzemanyagra van szükség működtetéséhez a dugattyús motorok zárt hengereiben történő ütemesen bekövetkező robbanásokkal szemben.

Láttuk már a dugattyús motorok és a „legtisztább” sugárhajtóművek, a rakéták hibáit is, s most már könnyű lesz megérteni, miért kerestek a tervezők valami olyan megoldást, amely egyrészt hasznosítja a sugárhajtóművek sok előnyét, másrészt azonban ki is küszöböli hátrányaikat.

Mielőtt rátérnénk a különböző sugárhajtóművek szerkezetének részletes ismertetésére, lássuk, mi a megoldásnak az az útja, amely az előbbi kívánalmakat kielégítheti.

A rakéta egyik legjellegzetesebb tulajdonsága, hogy mind az égéshez szükséges oxigént, mind pedig a tüzelőanyagot egyaránt magával viszi. A tervezők abból a kézenfekvő gondolatból indultak ki, hogy ez igen előnyös a világűrben való repülésnél, de egyáltalán nem fontos a légkörben. Nem fontos, mert a Föld légkörében bőven áll rendelkezésre „ingyen” oxigén. Így máris felesleges a működtetéshez szükséges anyag felét kitevő oxigén szállítása. Azaz, ha a légkör oxigénjét használják fel az égés táplálására, máris kétszer olyan gazdaságos lehet a sugárhajtómű.

A rakétától eltekintve tehát az a jellemzőjük a sugárhajtóműveknek, hogy az égésükhöz szükséges oxigént a Föld légköréből veszik. Ebből azután rögtön következik az is, hogy működési területük korlátozottabb a rakétánál, mert csak a Föld alsó, oxigéndús (kb. 20 km magasságig tartó) légkörében működhetnek. Feljebb már csakúgy „lefulladás”, mint a motorok, ha nem kapnak elég levegőt.

HOGYAN MŰKÖDNEK A SUGÁRHAJTÓMŰVEK?

Beszéltünk már a dugattyús motorok hátrányairól, a sugárhajtásúak előnyéről, de eddig még — szándékosan — nem esett szó arról, hogyan működnek.

A sugárhajtású repülőgépeknél maga a hajtómű létesíti a repüléshez szükséges tolóerőt a nagy sebességű égésgázok kiáramlásával. A dugattyús, vagy gázturbina-légcsavaros hajtóművek teljesítményét viszont a légcsavar alakítja át húzóerővé és sebességgé. Az első tehát közvetlen, a második pedig közvetett hajtás.

A gázsugárhajtóműveknél a hajtómű belsejében keletkező égéstermékek áramlanak hátrafelé. A beszívott és sűrített levegőnél sokkal nagyobb mennyiségű égéstermék-levegő keverék lép ki hátul, mert közben a hajtómű közepén elhelyezett égéskamrába üzemanyagot fecskendeznek és ezt meggyújtják. Az üzemanyag az égés hatására gázokká alakul, térfogata, hőmérséklete jelentősen megnő és most már a hő hatására szinte „megduzzadt” levegő-gázkeverék hatalmas sebességgel lép ki a hátsó fúvócsövön. Így jön létre az a levegőből és égéstermékekből álló gázsugár, amely az előretoló erőt szolgáltatja. Ugyanez az erő löki vissza a puskát, amikor csövét a lövedék és a lőporgázok elhagyják.

A HATÁS — ELLENHATÁS ELVE

A fizika ezt a jelenséget a hatás — ellenhatás elvének nevezi. A nagy angol fizikus, *Newton* a felfedezője, aki törvényszerűségét a harmadik mozgástörvényében a következőképpen foglalta össze: „Minden erőnek megfelel egy ugyanolyan nagyságú, de ellentétes irányú erő”!

A sugárhajtóműnél a hatás — ellenhatás elve úgy nyilvánul meg, hogy amikor a hajtóművet a gázsugár bizonyos erővel elhagyja, ugyanakkora erővel előre is löki.

Ilyen „reaktív” hajtóerőművel a természetben is találkozhatunk. Egyszerű sugárhajtóművel közlekednek például a tengeri meduzák. Teleszívják magukat vízzel, majd a beszívott vizet testük hátsó nyílásain nagy erővel kifecskendezik. A kilépő vízsugár reaktív ereje aztán előrelöki testüket.

De számtalan más kísérlettel is bizonyíthatjuk a hatás — ellenhatás elvét. Például egy üres játékléggömbbel. Ha az üres léggömböt telefújjuk levegővel, majd hirtelen elengedjük, a benne lévő nagyobb nyomás hatására kiáramló levegősugár a léggömböt előrelöki a levegőben. Csupán azért nem

repül egyenesen a nyílással ellentétes irányban, mert ahogy fogy belőle a levegő, megváltozik az alakja is, s a megváltozott alak össze-vissza kormányozza a levegőben. Ha a kísérletet léghijas térségben végeznénk, a léggömb egyenesen a nyílásával ellentétes irányban repülne.

Seregnyi más példát is idézhetnénk még a hatás-ellenhatás elvére. Ehelyett azonban lássuk, hogyan használhatjuk fel ezt a jólismert jelenséget a sugárhajtóművek gazdaságosabb és nagyobb teljesítményű működtetésére.

CSŐBŐL KÉSZÜLT HAJTÓMŰVEK

Az előbbi példán ugyanis csak általánosságban láthatuk a sugárhajtóművek működésének elvét. A gyakorlati működés ennél sokkal sokrétűbb, s igen sok változatú.

Lássuk tehát a különböző alaptípusok működését. A legegyszerűbbel, a rakétával már találkoztunk. Már tudjuk, hogy nem szív be levegőt, hanem magával viszi az égéshez szükséges oxigént is. Lényegében tehát égéskamra, amelyben a legkedvezőbb körülmények között égetjük el az anyagokat, hogy minél rövidebb idő alatt minél nagyobb tömegű és hőtartalmú gázsugár hagyja el hátrafelé.

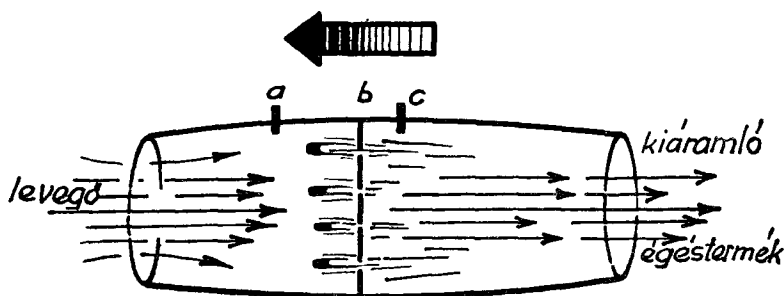
Nem kevésbé ötletes a második legegyszerűbb sugárhajtómű, a torlósugár-hajtómű. Ezzel a két világháború közötti időben a francia *Lorrain* és *Leduc*, valamint Kossuth-díjas honfitársunk, *Fonó Albert* kísérletezett. A torlósugár-hajtóművet *athodyd*-nak is szokás nevezni, de számos más, kivitelére utaló elnevezést is találhatunk, mint például a „repülő kályhacső”. A második világháború alatt a németek egyik legjobb sugárhajtás-szakértője, a hazánkban is nevelkedett *Säenger* dolgozott ki ilyen hajtóműveket; ezek ugyan már a gyakorlatban is működtek, általánosan azonban nem terjedtek el.

A torlósugár-hajtóműnek az a lényege, hogy először meglehetősen nagy sebességre kell felgyorsítani, s így a levegő az elején, a haladás következtében nagy sebességgel áramlik be. A hajtómű maga voltaképpen egy olyan cső, amelynek közepetáján fuvókákon fecskendezik be a tüzelőanyagot, s ezt meggyújtva a csőben elégetik. Az égés következtében a tüzelőanyag gázainak nyomása növekszik. A hátra-

felé nagy sebességgel kiáramló égéstermékek azután reaktív erőt hoznak létre.

A torlósugár-hajtómű fogyasztása igen nagy. Ezért első-sorban a nagy sebességű légijárművek hajtására jöhet számításba, ahol a gazdaságosság nem a legfontosabb követelmény. Az előbb említett Sängner-féle kísérleteknél egy Dornier-repülőgép tetejére építették. Igen érdekesek a Leduc-féle kísérleti torlósugár-hajtóműves gépek is. De találkozunk a torlósugár-hajtóművel nagysebességű, pilótanélküli repülő-szerkezetek hajtásánál, sőt kicsiny formában helikopterek rotorszárnyainak végére erősített hajtóműként is. Elterjedésének oka rendkívül csekély súlya, egyszerű szerkezete és ezért előállításának olcsósága.

REPÜLÉS IRÁNYA



Torlósugárhajtómű

a = tüzelőanyag beporlasztása, b = lángfogórács, c = gyújtás.

Ha majd a koleopterek, a gyűrűszárnyú repülőgépek be-váltják a hozzájuk fűzött reményeket, feltehetően első-sorban torlósugár-hajtóműveket fognak használni, mert a gyűrű-szárnyú gépnél magát a szárnyalkotta csövet lehet felhasz-nálni hajtóműként. Így ennek a szerkezetnek nem lenne szüksége külön hajtóműre, aminek igen jelentős súlycsök-kentés lehet az eredménye. Persze azért szükség lesz a gé-peknek valamilyen más módszerrel, katapulttal vagy segéd-rakétával való felgyorsítására, mert a torlósugárhajtómű csak

akkor indulhat meg, ha már elég gyorsan halad ahhoz, hogy megfelelő torlónyomás keletkezzen.

A torlósugár-hajtómű elvét alkalmazza kisebb módosítással a pulzáló, lüktető üzemű sugárhajtómű is. Ezzel leginkább a repülőmodelleknél találkozunk, amelyeknek körrepülő kategóriájában igen komoly sebességeket (250 km/ó) értek el ilyen kis hajtóművekkel.

A „nagy” repülőgépeknél a második világháborúból ismert, német V—1 pilótánélküli robot-repülőgép hajtására alkalmazták először sikerrel.

A pulzáló hajtómű csaknem olyan egyszerű, mint a torlósugár-hajtómű. A különbség csupán az, hogy visszacsapó egyirányú szeleprendszere van. Ebben a hajtóműben az égés nem folyamatos, hanem az üzemanyagot egymás után következő szakaszokon égetik el benne. Innen a neve is: lüktető, pulzáló.

A tüzelőanyag befecskendezésekor és elégeésekor a hajtómű elején alkalmazott szelepek zárva vannak. A tüzelőanyag elégeése következtében a nyomás a cső belsejében hirtelen nő és az égéstermékek nagy sebességgel áramlanak ki hátul a fuvócsövön. Az égéstermékek kiáramlása után a csőben szívóhatás keletkezik, a szelepek nyílnak és elől újból friss levegő áramlik a csőbe.

Az égési szakaszok most már igen sűrűn követik egymást (másodpercenként mintegy ötvenszer). Hangjuk így összefolyik és a tolóerő is folyamatosnak tűnik. A szerkezet tehát a lehető legegyszerűbb, üzeme azonban elég drága, mert szintén sok tüzelőanyagot fogyaszt.

Éppen nagy tüzelőanyagfogyasztása miatt a németek a V—1 szárnyasbombát gőzkatapulttal gyorsították fel. „Lüktető” hajtóművel a szárnyasbomba vízszintes repülésben 500 km/ó sebességet ért el.

A szárnyasbombát pörgettyűs készülékek tartották egyensúlyban és irányították célja felé. A pörgettyű tudvalevőleg mindenképpen meg akarja tartani eredeti forgássíkját és ha a szárnyasbomba haladási iránya eltért a beállított iránytól, a pörgettyűk működésbe hozták a kormányra ható szerkezetet.

Az önműködő kormány szerkezet ellenére a V—1-et csak

olyan óriási kiterjedésű célok ellen lehetett felhasználni, mint például London városa.

Az angol vadászelhárítás utóbb már egyre sikeresebben vette fel a küzdelmet a V—1-ek ellen. A vadászgépek a La Manche-csatorna fölött rendszeres őrjáratokat rendeztek be. A szárnyas bombákat hátulról közelítették meg és gépeik szárnyvégével olyan erősen lökték meg, hogy a pörgettyűs szerkezet az eltérést már nem tudja helyesbíteni. Így sok V—1 irányából kitérítve nem érte el célját.

A lüktető üzemű hajtóműveket ma elsősorban ugyancsak pilótanélküli repülőgépeknél, vezérelt lövedékeknél, helikoptereknél és a már említett körrepülő modelleknél használják.

SŰRÍTŐK

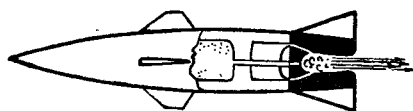
Ha figyelmesen követtük az eddigieket, láttuk, hogy a rakéta, a pulzáló és a torlósugár-hajtóművek szerkezete rop-pant egyszerű, s ugyanakkor ezzel az előnnyel szemben ott áll az óriási fogyasztás hátránya. Magától értetődő, hogy a tervezők nem érték be ezekkel az eredményekkel, hanem az eddigieknél gazdaságosabb hajtóművek megszerkesztésén fáradoztak. Ezek a fáradozások hozták létre a sugárhajtóművek legnépesebb családját, a turbinás-sűrítős, idegen szak-kifejezéssel turbo-kompresszoros sugárhajtóműveket.

Hogyan működik a turbina-sűrítős sugárhajtómű?

A beömlő nyíláson beáramló levegőt a kompresszor a légköri nyomás többszörösére (4—5-szörösére) sűríti, s az égőterekbe nyomja. Ezekbe fecskendezik be a folyékony tüzelőanyagot, amelyet indítás-kor elektromos szikra lob-bant lángra. Az égőterek hőmérséklete csakhamar



GÁZSUGÁR HAJTÓMŰ



FOLYADÉKOS RAKÉTA

messze meghaladja a tüzelőanyag öngyulladásí hőfokát, úgy-hogy az elektromos gyújtásra a továbbiakban már nincs is szükség.

Az elégett gázok a sugárhajtómű végén elhelyezett fúvócsőből óriási (500—1000 m/mp) sebességgel áramlanak hátrafelé. Kiáramlásuk előtt levegővel keveredve átáramlanak a turbinán, amelynek lapátkerekét nagysebességű for-gásban tartják. A turbina tengelyére — a hajtómű elején — egy vagy több fokozatú légsűrítő (kompresszor) van ékelve, amely a turbina lapátkerekével együtt forog. A kompresszor a levegőt 4—5—6 atmoszféra nyomásra sűrítve az égőterekbe préseli. A sűrítésnek az a célja, hogy a tüzelőanyag elégetése-kor minél nagyobb expanzió (kiterjedés) és ezzel minél na-gyobb tolóerő jöjjön létre.

A gázsugárhajtóművek teljesítményét *kilopond*-nak ne-vezett tolóerejükkel jelölik a LE-teljesítményük helyett. Az utóbbi megállapítása ugyanis igen körülményesen, csak repülés közben lehetséges, ellentétben a kilopond-tolóerő mérésével.

A tolóerőt egyébként úgy mérik, hogy a gépet speciális húzó-erőmérők (mechanikus vagy hidraulikus dinamométer) közbeiktatásával rögzítik és amikor a hajtómű teljes gázzal dolgozik, az erőmérőkről leolvassák, milyen húzóerőt fejt ki a hajtómű.

LÓERŐ ÉS TOLÓERŐ

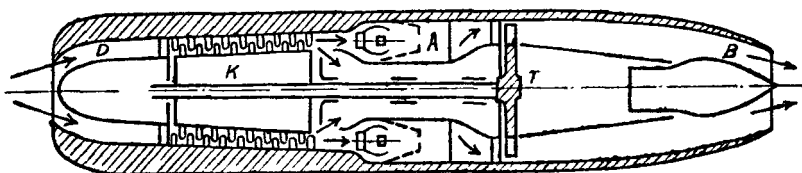
A két világháború közötti időben számos államban pró-bálkoztak ilyen hajtóművek építésével. Az első, sikeres és annak idején is nyilvánosságra hozott kísérletet 1940 augusz-tusában egy Miláno melletti repülőtéren hajtották végre, ahol *Campini* mérnök *Caproni-Campini* CC 2 típusú repülő-gépe 10 percet repült ilyen hajtóművel. Nem sokkal ezután a gép hosszabb repüléseket is végzett. Az akkori eredmények ugyan meg sem közelítették a dugattyús motorral felszerelt gépekét, mégis bebizonyították, hogy ez az út járható.

A CC 2 azonban nem turbina-sűrítős hajtóművel felsze-relt repülőgép volt, mert sűrítőjét nem a kilépő gázok for-gatta turbina, hanem külön erre a célra a gépbe épített du-gattyús motor hajtotta. Az ilyen hajtóműveket motorsűrí-tősnek, motorkompresszorosnak nevezzük.

Ma már tudjuk, hogy ezt a bejelentett olasz repülést megelőzve, Németországban már repült a *Heinkel He 178*. Ezt a gépet már turbina-sűrítős hajtómű hajtotta. Az 1939. augusztus 24-én végrehajtott első repüléseken a gép 700 km/óra sebességet ért el, pedig hajtóművének teljesítménye meglehetősen kicsiny volt.

Nos, a *He 178* hajtóműve mindössze 600 kg tolóerőt fejtett ki, a mai korszerű vadászgép-hajtóművek 3—5000 kg-os tolóerejével szemben.

A gázsugárhajtású utasszállítógépek hajtóművei 7—8000 kg tolóerőt létesítenek, sőt az 1957 nyarán Kanadában épült gázsugárhajtómű tolóereje 11 000 kg.



Turbokompresszoros sugárhajtómű hosszmet szete. D = bővülő beömlő csatorna (diffúzor), K = légsűrítő (kompresszor), A = égési kamra, T = turbina, B = szűkülő fúvócső (konfuzor). Az ebben látható kúppal és a tüzelőanyag adagolásával lehet szabályozni a hajtómű tolóerejét.

Olaszországon és Németországon kívül Angliában is beható kísérleteket folytattak. Az angol kísérleteket *Whittle* mérnök vezette. Tervei alapján több sugárhajtómű készült, amíg végül az egyikkel 1941. május 1-én a levegőbe emelkedett a *Gloster E—28/39* típusú egyszemélyes repülőgép.

CENTRIFUGÁLIS ÉS AXIÁLIS SŰRÍTŐK

Az első kísérletek persze még nem jelenthettek teljes sikert. De a további fejlesztési munkánál rögtön napfényre került egy olyan különbség a különféle szerkezeteknél, amelynek alapján ma is úgy szétválasztjuk a turbina-sűrítős hajtóműveket, mint a dugattyús motoroknál a soros és a csillag-elrendezésűeket. Ez a különbség a sűrítő kialakítása területén jelentkezik. Az angol elképzelés szerint a centrifugálsűrítő volt a legelőnyösebb. Ennek csak egy fokozata,

lapátkoszorúja van, de ez meglehetősen nagy átmérőjű, hogy a lapátoknak ütköző levegőt a forgás közben keletkező minél nagyobb centrífugális erő hajtsa a koszorú pereme felé, ahonnan csöveken át vezetik az égéskamrákhoz.

A németek ezzel szemben az axiális, tengelyátömlésű megoldás mellett törtek lándzsát. Ennél a megoldásnál a lapátok befelé terelik a levegőt. Ezért a lapátkoszorú átmérője sokkal kisebb lehet. Csupán egy koszorú-fokozat azonban nem elég a megfelelő sűrítéshez, ezért több ilyen koszorút helyeznek el egymás után. Az ilyen hajtóműnek tehát kisebb az átmérője, de maga a hajtómű hosszabb. Ma egyre inkább ez a megoldás terjed el, minthogy a repülőgépekben általában inkább van hely hosszirányban, mint az átmérő irányában. Azonkívül a légellenállás szempontjából a kisebb átmérő az előnyös.

A háború utolsó két évében azután egymás után jelentek meg a különböző turbina-sűrítős hajtóművel felszerelt repülőgépek, jelentősen azonban már nem szólhattak bele a küzdelembe.

TELJESÍTMÉNYNÖVEDELÉS UTÁNÉGETÉSSSEL

Amint a háború viharának szele lassan elült, a különböző gyárak és tervezőintézetek szinte rávetették magukat a polgári repülés számára is hozzáférhetővé vált adatokra, kutatási eredményekre. Természetesen igyekeztek felhasználásukkal még jobb sugárhajtóműveket tervezni.

Az egyik észrevételük az volt, hogy az égéskamrát elhagyó gázok a turbina lapátjain való áthaladtukban lehűlnek, veszítenek a sebességükből, azaz a hajtómű tolóereje csökken. Kézenfekvőnek látszott ezen úgy segíteni, hogy a lehűlt gázokat valamilyen módon felmelegítsék, miután a turbinát elhagyják. Legegyszerűbben úgy történhetett a felmelegítés, hogy ismét üzemanyagot fecskendeztek abba a csőrészbbe, amelyben a gázok elhagyták a hajtóművet. Ezért az ilyen hajtóművek kilépő csöveit, fúvókáit meghosszabbították. Ezt a szerkezetet utánégetősnek nevezték el.

Az utánégetés meg is hozta a várt sikert: a már lehűlt gázok ismét felmelegedtek és jelentősen felgyorsulva hagyták el a hajtóművet. De ennek a teljesítménynövelésnek nagy

volt az ára is, mert az utánégetés még több üzemanyagot fogyasztott, mint az égéskamrák. Így a gép fogyasztása megháromszorozódott, ugyanakkor teljesítménye a ki nem elégitő égés következtében alig nőtt másfélszeresére.

Ez a módszer nem volt tehát valami gazdaságos, mégis rohamosan elterjedt, mégpedig elsősorban ott, ahol a teljesítmény volt a döntő, azaz a katonai repülésben. De még a katonai repülésben sem lett általánossá, mert csupán arra használták, hogy olyan esetekben, amikor a gépnek hirtelen többletteljesítményre van szüksége — például felszállásnál, támadásnál vagy menekülésnél —, bekapcsolják az utánégetőt, hogy a gép szinte „megugorjon”. Utána nyugodtan ki lehet kapcsolni, mert nem jelent sem súlytöbbletet, sem szerkezeti akadályt, a hajtómű utánégető nélkül is egyszerűen dolgozik.

Ma már jóformán valamennyi turbina-sűrítős hajtóműnél megtalálhatjuk az utánégetőt, hiszen alkalmazása biztonságérzetet ad a pilótának, ha kell, másfélszeresére növelheti gépének teljesítőképeségét.

KÉTFOKOZATÚ ÉS KÉTKÖRÖS HAJTÓMŰVEK

Több tervező más megfontolásból indult ki. Azt mondták: a turbinát elhagyó gázoknak még mindig van annyi kihasználható erejük, amennyivel hajtani lehetne még egy turbinát. A második turbina hajthatná még egy, az első előtt elhelyezett, lassúbb, alacsonyabb nyomásra tervezett sűrítőt is. Üregesre készítették hát az eredeti sűrítő-turbina tengelyét, s beléhelyeztek — természetesen gondosan csapágyazva — egy másik, hosszabb tengelyt, amely elöl-hátul kiállt az eredetiből. Erre a belső tengelyre szerelték az alacsony fokozatú turbinát és sűrítőt.

A megoldás nem egyszerű, hiszen a két tengely megmunkálása és csapágyazása nem kis probléma, viszont mégis hozzájárult az új hajtómű-típus: a két fokozatú kialakításához. Egyes esetekben azonban nem két, hanem több fokozatot építettek egymásba, hogy a lehető legjobban kihasználják a hajtóművet elhagyó gázokat. Természetesen a különböző fokozatok lapátjait is a lassúbb áramlásnak megfelelően alakították ki.

Francia tervezők viszont arra jöttek rá, hogy célszerű az égéskamra táplálásához a szükségesnél jóval nagyobb sűrítőt építeni, mert a turbina ilyet is el bír hajtani. Ennek a sűrítőnek kettősre szabták a feladatát. Egyrészt táplálta levegővel a hajtóművet, másrészt a levegő nagyobb részét közvetlenül, az égéskamrák megkerülésével, külön köpenyben hátrafújta. Ebben is tüzelőanyagot égetnek el, amelynek égéstermékei igen nagy sebességgel áramlanak ki. Az ilyen hajtóművet *kétkörösnek* nevezték el.

Ezzel végére is értünk az alaptípusok ismertetésének. Mondani sem kell, hogy egy alaptípusnak számtalan változata lehetséges és egy-egy változaton belül számtalan típus, fajta, nagyság stb. található. Ma már olyan nagy az ilyen hajtóművek száma, hogy meg sem próbálkozhatunk valamennyiük ismertetésével. Ezért csak egy-egy jellemző típust ismertetünk részletesen, hogy lássuk, mit tud, hogyan működik egy ilyen hajtómű. Előbb azonban hasonlítsuk össze működésüket a dugattyúsokéval, hogy lássuk azokat a — sokszor még a nagy teljesítménynél is fontosabb — előnyöket, amelyek lehetővé tették rohamos elterjedésüket.

INDÍTÁS DUGATTYÚS MOTORRAL ÉS SUGÁRHAJTÓMŰVEL

Nézzük először az indítást. A dugattyús motorokat felszállás előtt meglehetősen hosszú ideig kell járatni, hogy bemelegedjenek. Arról nemis beszélünk most, hogy a motormelegítés üzemanyagfogyasztással jár, csupán arra térünk ki, hogy amikor gyors felszállásra lenne szükség, nagyon hátrányos a hosszadalmas melegítés. Még kellemetlenebb a helyzet télen, amikor a kenőolajok megdermednek és sokszor nem elég a motor járatással való bemelegítése, hanem beindítás előtt külön meleglevegő-kályhakkal kell a motort felmelegíteni. Az indításhoz bonyolult, tengelykapcsolós berendezésre vagy földi segédeszközökre, indítókocsira van szükség, hiszen a sokhengeres dugattyús motor körbeforgatása nagy erőt vesz igénybe.

A gázsugárhajtóművek ezzel szemben állandóan startra készek. Hogy a turbinák és sűrítők működésbe lépjenek, nem kell mást tenni, csak 4—5000 percenkénti fordulattal megpörgetni a közös tengelyt a rajta levő sűrítővel és turbinával

együtt. Ehhez azonban nincs nagy erőre szükség, hiszen itt nincsenek zárt hengerek, amelyek fékeznének. Így a körülforogatáshoz elegendő a repülőgépben könnyen elhelyezhető villanymotor, amely 20—40 mp alatt felpörgeti a szükséges fordulatra a hajtóművet. Ezután megnyitják az üzemanyagcsapokat, gyújtást adnak az indító égéskamrának, s a hajtómű máris működik, a repülőgép akár fel is szállhat.

GYÚJTÁS ÉS ÉGÉS

Álljunk meg egy pillanatra a gyújtásnál. Aki már közelebbi kapcsolatba került valaha bármilyen dugattyús motorral, tudja, hogy milyen bonyolult a megszakító, áramtermelő és gyújtóberendezése, milyen nagy fontossága van a jól beállított gyújtásnak, mennyi bajt okozhatnak a gyújtási zavarok.

A gáz sugarhajtóműveknél nincs ilyen gyújtásról szó. A dugattyúsoknál minden hengerben külön gyújtógyertya van, sőt a repülőmotorokba hengerenként kettőt is beépítenek a nagyobb biztonság és főként a többlet-teljesítmény érdekében, s ezeket gondosan összehangolva kell működtetni.

A turbina-sűrítős hajtóművek gyújtóberendezését nem kell vezérelni. Viszont a gyújtás olyan nehezen megy végbe, mintha a legnagyobb szélviharban gyufát akarnánk meggyújtani. Ezért különleges gyertyákat, ún. „gyújtófáklyák”-at kell alkalmazni.

Ha a gyújtás megtörtént, a gyújtóberendezésre a legközelebbi indításig már nincs is tovább szükség. A motorhengerekben ugyanis lüktető égéssorozatok követik egymást, a sűrítős-turbinás hajtómű égéskamráiban azonban folyamatos az égés, így nincs szükség állandó folyamatos gyújtásra.

Ha netán a levegőben leállna a turbina-sűrítős hajtómű, indítása az előbb leírt módon történhet. De sokszor még erre sincs szükség. A nagyobb magasságban repülő gép pilótája meredek zuhanásba viheti gépét, s ekkor a hajtóművön a zuhanás következtében nagy sebességgel keresztuláramló levegő nyomása maga megforgatja a szerkezetet, csupán gyújtást kell adni és meg kell indítani az üzemanyag táplálását: a hajtómű „magától” is beindul. Igaz, hogy ezt a

kisebbs dugattyús motoroknál is meg lehet tenni, de a nagyobbaknál sokszor nem jön létre a légsavar szárnyain elegendő erő ahhoz, hogy megforgassa a sokhengeres motor főtengelyét.

A turbina-sűrítő hajtómű közismerten kicsiny átmérőjű. Nincs légsavarja és súlya is jelentéktelen a korábbi motorokéhoz képest. De nem csupán ezek a „jellemvonások” keltették fel irántuk a repülőgéptervezők érdeklődését.

Tudjuk, hogy a légsavar miatt a dugattyús motorokat meglehetősen magasan kell elhelyezni a földtől. A magas futómű pedig főleg leszállási nehézségeket jelent. A turbina-sűrítő hajtóművel felszerelt gépet viszont olyan alacsonyra lehet építeni, hogy pilótája szinte a „földön” ül, alig néhány deciméterrel van fölötte. Ezzel csökken az orrabukás veszélye.

A kis átmérő következtében a hajtómű szépen beolvasztható a repülőgéptörzs, vagy szárny áramvonalas kialakításába.

OLCSÓBB ÜZEMANYAG — NAGY TELJESÍTMÉNY

Igen nagy előny, hogy a simább üzemhez sokkal egyszerűbb, olcsóbb üzemanyagra van szükség a dugattyús motorok magas oktánszámú, kopogásmentes benzinjénél. Az égéskamrákban folyamatos égés van, tehát nem kell tekintettel lenni a dugattyús motoroknál adódó szempontokra. A turbina-sűrítő hajtóművek legtöbbnyire kerozénnal futnak, mely a nyersolajtermékek egyik legolcsóbbika.

Nemcsak egyszerűen gazdaságossági előny ez, hanem több annál, hiszen nem egyszer előfordul, hogy valamelyik távoli repülőtéren a leszálló korszerűbb gép nem kapja meg dugattyús motorjaihoz az előírt oktánszámú benzint, s emiatt nem mehet tovább. De a katonai repülésben is óriási előny, hogy ha a szükség úgy kívánja, a tehergépkocsik, tankok üzemanyagával is feltölthető a repülőgép.

A sima járáshoz tartozik még az is, hogy a sűrítő-turbinás hajtóműnek csak körbenforgó, tehát csapágyakon futó alkatrészei vannak. Ez a körülmény nemcsak a sima járást biztosítja, hanem a lehető legkevesebb terhelést az alkatrészeknél, s a lehető legkevesebb hibalehetőséget is.

De miért nem terjedtek el már sokkal korábban a sugárhajtóművek, s mi akadályozhatta alkalmazásukat már évtizedekkel ezelőtt? A választ a sugárhajtóművek rossz tulajdonságai között kell keresnünk. Mert akad ilyen is bőven.

Már beszéltünk arról, hogy a turbina-sűrítős hajtómű elején levő sűrítő négyszeresére, ötszörösére sűríti össze a beáramló levegőt. Azt is tudjuk, hogy az ilyen hajtóművek meglehetősen kicsiny átmérőjűek. Ebből következik, hogy maga a sűrítő is csak kicsiny átmérőjű lehet. Ahhoz pedig, hogy egy kis átmérőjű sűrítő nagy arányban végezhesse el a sűrítést, csak egy megoldást találhatunk, a minél nagyobb fordulatszámot. A turbina-sűrítős hajtóművek kompresszorai teljes fordulatonál 10—15 000, egyes igen kicsiny méretű szerkezeteknél a percenkénti 30 000 fordulatot is túlhaladják.

Itt említjük meg, hogy a Szovjetunió gázturbinás sugárhajtású utasszállítógépének, a Tu—104-nek hajtóműveiben a kompresszorok maximálisan percenként 4670 fordulatszámmal, utazósebességen pedig 4150 fordulatszámmal dolgoznak. Talán nem is kell külön hangsúlyozni, hogy milyen nagy előnyt jelent ez az alacsony fordulatszám az üzembiztonság és az élettartam szempontjából.

Ilyen nagy fordulatonál természetesen igen nagy a centrifugális, a repítő erő is, ami a sűrítőt — a köszörűkövekhez hasonlóan — szétszakítani igyekszik. A sűrítő a beáramló hideg levegőben dolgozik, így még könnyen találhatunk olyan szilárd — és amellettt könnyű — anyagokat, amelyek kibírják a nagy centrifugális erő hatását anélkül, hogy szerteszakadnának.

TURBINALAPÁTOK KÍNSZENVEDÉSE

De a sűrítővel közös tengelyen fut a hajtóturbina is, tehát annak is hasonlóan nagy fordulattal kell működnie. Ennél azonban már sokkal kedvezőtlenebb a helyzet, mert nem a beáramló hideg levegőben, hanem az égésteret elhagyó forró gázok 850—900 C° hőmérsékletű sugarában dolgozik. Olyan anyag viszont már kevés van, amelyik az óriási fordulatszám miatti centrifugális erőt a nagy hőmérsékleten is kibírja. (Ezen a hőmérsékleten például az alumínium rövid

idő alatt megolvad.) Ezért a sűrítő-szubinás hajtóművek legkönnyebben sebezhető „pontja” a szubina

A szubina volt az oka annak, hogy a sugárhajtóművek már korábban nem terjedtek el. Egyszerűen nem volt még olyan anyag, amely kibírta volna az óriási igénybevételt. Ezért szakadtak szét eleinte az ilyen hajtóművel felszerelt repülőgépek a levegőben, ezért készült a CC 2 repülőgép szubina-hajtotta sűrítő helyett olyannal, amelyet külön motorral forgattak.

Elég ugyanis a szubinakoszorú sok-sok lapátja közül csak egynek kiszabadulnia, vagy eltörnie, a nagy fordulatu szerkezet máris ízekre robban szét, hiszen a centrifugális erő kiegyenlítetlensége a másodperc tört részei alatt szétrázza.

Ezzel meg is ismertük az egyik fő hátrányát a sugárhajtású hajtóművek terjedésének útjában: a szerkezeti anyagok óriási igénybevételét. A nagy igénybevételt csak különleges, nehezen előállítható és ezért drága nyersanyagok bírják ki, amelyeket néhány évtizede még gyártani sem tudtunk.

A nagy fordulat következtében persze a lehető legtökéletesebb megmunkálás is szükséges. Márpedig az ilyen megmunkáló eljárások sem túl régiiek és nem túl olcsók. Ez volt a második fő ok.

Végül az is hozzájárult az elveikben már régebben ismert sugárhajtóművek aránylag lassú elterjedéséhez, hogy a motorgyárak nem szívesen álltak át a kipróbált és bevált dugattyús motorok gyártásáról a sokat ígérő, de mégis csak új és ezért még bizonytalan hajtóművekre.

Arról most ne is beszéljünk, hogy az újfajta hajtómű által lehetővé tett nagyobb sebességekhez és nagyobb repülési magasságokhoz még a megfelelő repülőgépek, sárkányok sem állottak rendelkezésre. Megépítésük után pedig a tervezők találtak a hang-gát problémáival, s ez szintén késleltette a gyors elterjedést.

TÖRPEK ÉS ÓRIÁSOK A HAJTÓMŰVEK CSALÁDJÁBAN

Megismertük már a sugárhajtóművek működési elvét, változatait, előnyeit és sebezhető pontjait, de mitsem tudunk még a valóságban a hajtóművek teljesítményeiről, törpe és óriás megoldásaikról. Lássunk most néhányat közülük „közelebbről” is.

Kezdjük a legkisebbel, a francia Turboméca „Palouste“ hajtóművel, amely 450 km/ó sebességgel repít egy kétszemélyes könnyű repülőgépet. Súlya mindössze 70 kg, tolóereje viszont 180 kg. Ilyen teljesítmény mellett óránként 140 kg üzemanyagot fogyaszt, ami meglehetősen sok ilyen kis hajtóműnél. Átmérője mindössze 45 cm, hossza alig több 1 méternél. Természetesen ilyen kis átmérővel turbinájának és sűrítőjének fordulatszáma igen nagy. A tengely percenként 35 000-et fordul, s még így is csak négyszeresére sűríti a beszívott levegőt. Kicsiny sportgépek, iskolagépek és könnyű helikopterek hajtására használják. Sikerét az bizonyítja legjobban, hogy szerte a világon megvásárolták gyártási jogát.

Lássunk ezután egy közép nagyságú turbina-sűrítős hajtóművet, amelyet gyakorlógépek és igen könnyű vadászgépek részére terveztek. Hossza 166 cm, átmérője 59 cm. Súlya mindössze 166 kg. Tolóereje 800 kg, ami elegendő ahhoz, hogy egy könnyű vadászgépet 1000 km/óra sebességgel hajthasson. Egy-két ilyen hajtóművel felszerelt vadászgép pedig zuhanórepülésben túl is szárnyalja a hang sebességét. Sűrítője tengelyátömlésű és egymás mögött elhelyezett 7 sűrítőkoszorúból áll. Turbinája egyfokozatú. Az orrában helyezkedik el az önindító berendezés, amely körül a levegő beáramlik. Sűrítési aránya 1 : 3,5, azaz ennyire sűríti össze a beáramló levegőt, amelyből másodpercenként 14 kg-ot (11 000 litert) „fogyaszt“. Üzemanyagfogyasztása 875 kg óránként.

Végül lássunk egy hajtómű-óriást is, amelyet „Olympus“-nak kereszteltek el gyártói. A kétfokozatú, tehát alacsony és magas nyomással működő, üreges tengelyű hajtóművek közé tartozik. Abba a repülőgépbe is, amely 20 875 m-rel magassági világrekordot állított fel, két ilyen hajtómű volt beépítve. Súlya 1475 kg, tolóereje 5200 kg, átmérője 102 cm, hossza pedig 315 cm. Kereken 4000 kg üzemanyagot fogyaszt óránként, ha „teljes gázzal“ dolgozik. Sűrítői többfokozatúak, axiális átömlésűek. Egyik legsikerültebb ilyen hajtóműve típusának, mert nagy magasságban is nagy teljesítményt ad le, fogyasztása aránylag — a tolóerőhöz viszonyítva — kevés.

Persze az „Olympus“ nem a legerősebb turbina-sűrítős hajtómű. Itt vannak például a szovjet TU—104 hajtóművei, amelyeknek tolóereje egyenként kb. 8000 kg.

A TU—104 legkorszerűbb változata 50 utas helyett 70-et

szállít és legnagyobb sebessége 1000 km/ó. A négy gáz-sugaras hajtóművel felszerelt TU—110 pedig 100 utast szállíthat — közbeeső leszállás nélkül — 3450 km távolságra.

Az amerikai Boeing 707 négy, egyenként 7260 kg tolóerőt kifejtő gázsugarhajtóművével 162 utast szállít 970 km/ó sebességgel 7000 km távolságra. Legnagyobb eddig elért sebessége 1114 km/óra.

Vegyük számításba még azt is, hogy ezek a hajtómű-óriások utánégővel sokkal nagyobb tolóerőt is termelhetnek. Csakis ilyen óriási teljesítményű hajtóművekkel képzelhető el, hogy egyes gépek a hangsebesség másfél-kétszeresét is elérjék.

SUGÁRHAJTÁSŰ ÉS DUGATTYÚS MOTOROK „KERESZTEZÉSE”

Ákárhogyan is nézzük, a nagy teljesítmény önmagában még nem olyan előny, amely teljesen kiszoríthatná a kisebb teljesítményű, de gazdaságosabb légcsavaros hajtóműveket. Tudjuk, hogy az általában használt dugattyús motorok elérhetik a 3500—4000 LE-s teljesítményt is. Az ilyen teljesítményű motor azonban már valóságos külön gép, súlya, légellenállása óriási, szerkezete rendkívül bonyolult, tele hibaforrásokkal. Kézenfekvő a gondolat: lehetne-e olyan közbenső megoldásokat találni, amelyek a dugattyús motor kis fogyasztását és a sugárhajtóművek nagy teljesítményét egyesítik? Az újszerű megoldások között találunk olyan dugattyús hajtóműveket, amelyeknél a kipufogógázok által termelt tolóerőt is felhasználják.

A legegyszerűbb megoldásnál a kipufogógázokat közös csőbe gyűjtik össze, s a kilépő nyílást úgy alakítják ki, hogy abból, mint a fúvócsőből áramolják ki a gáz sugar. Ezen a módon tolóerőhöz jutnak, ha meglehetősen kicsinyhez is, hiszen a dugattyús motorokban mp-enként aránylag nem sok üzemanyag ég el, így nem nagy a motort elhagyó égéstermék tömege sem, következésképpen kicsiny a tolóereje is. Ezt a megoldást régóta ismerjük már, a második világháború soros motorral felszerelt vadászgépein mind megtalálhatók voltak a „toló-kipufogók”.

Újabban például az *Iljuszin Il—14* utasszállító gépen, a

Convair Metropolitan kétmotoroson láthatunk olyan motorokat, amelyeknek kipufogógázait összegyűjtve a szárny mögé vezetik, hogy így tolóerőt termeljenek.

Még ötletesebb megoldás az ún. *turbo-compound*-rendszer. Lényege az, hogy a kiáramló kipufogógázok útjába kis turbinát építenek. A gázok által megforgatott turbina fogaskerékáttétellel segít a dugattyús motor főtengelyének hajtásában. Ily módon a 2800 LE-s motor teljesítményét 3200 LE-re lehet növelni. Ha ezt a teljesítménytöbbletet nem veszik igénybe, a benzinfogyasztás 15—18 százalékkal csökken. Ezenkívül a kipufogógázok még bizonyos tolóerőt is adnak. Ilyen motorokkal repül például a háború utáni évek egyik legsikeresebb utasszállítógépe, a *Super-Constellation*.

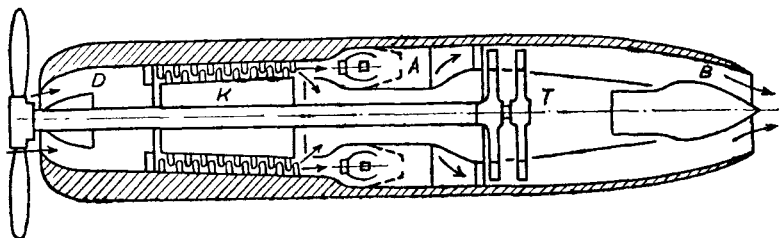
A toló-kipufogó és turbo-compound rendszerek azonban nem tartoznak a sugárhajtásúak közé, csupán a dugattyús motorban termelődő kipufogógázok energiáját használják ki a hajtómű hatásfokának emelésére. A napfényre került ötlet azonban érdemes volt arra, hogy tovább fejlesztve egészen új hajtóműváltozattá váljék. Ez a változat a légcsavaros gázturbina, kifejezőbb szakneven a *turbo-prop*-rendszer. A turbo-prop-hajtómű az utóbbi időben egyre jobban terjed, mert teljesítménye lényegesen nagyobb lehet, mint a dugattyús motoroké és ugyanakkor fogyasztása alig valamivel nagyobb.

LÉGCSAVART HAJTÓ GÁZTURBINÁK

A turbo-prop-hajtómű lényegében olyan sűrítős-turbinás hajtómű, amelynek gyorsan forgó tengelyéről megfelelő lassító fogaskerékáttétellel légcsavart hajtanak. A turbina-sűrítős sugárhajtású hajtóműnél a turbinának csak az a rendeltetése, hogy forgassa a kompresszort, itt viszont tulajdonképpen maga a turbina létesíti a propellert hajtó erőt. A sugárhajtású hajtóműnél az a cél, hogy a gázok minél nagyobb tömegben hagyják el a fúvócsövet, itt viszont az, hogy minél gazdaságosabban forgassák a turbinát. Ezért a turbo-propok teljesítményét nem tolóerő-kilogrammban, hanem lóerőben mérik, hiszen a tengelyén lóerőben is lemérhető a forgató nyomaték. Természetesen a kilépő gázsugár következtében tolóerő is keletkezik, amit + jellel, kg-okban kifejezve szo-

kás az ilyen hajtóművek teljesítményénél megadni (pl. 2550 LE + 400 kgp.).

Az előbbiekből következik viszont az, hogy a turbo-prop-hajtóműnek kisebb lesz az aránylagos fogyasztása, hiszen nem az a döntő, hogy nagytömegű gáz lépjen ki belőle, hanem, hogy a gáz forgassa a turbinát, s vele a légcsavart.



Légcsavaros gázturbina hosszmetsete. D = bővülő beömlőcsatorna (diffúzor), K = légsűrítő (kompresszor), A = égési kamra, T = két-fokozatú turbina (az első a kompresszort, a második a fordulatszám-csökkenő közbeiktatással a légcsavart forgatja), B = szűkülő fúvócső (konfúzor). Az ezen hátrafelé kiáramló gázok járulékosan még tolóerőt fejtenek ki.

A gázsugár-hajtóművek jóval megelőzték a turbo-prop-rendszerűeket, noha már a második világháborút megelőző években a svéd *Ljungström* turbinagyár és az angol *Brown-Boveri* cég szabadalmaztatták ilyen hajtóművek terveit. Mégis csak az 1950-es években indult meg erőteljesebb mértékben a turbo-prop-hajtóművek gyártása.

A második világháború kitörésének idején a magyar *Jendrassik György* is épített egy légcsavaros gázturbinát. Kísérleteit azonban a háborús események következtében nem fejezhette be.

Mindenütt, ahol döntő a gazdaságosság — így a polgári repülésben, a nagytávolságú katonai repülésben stb. —, s ugyanakkor fontos a nagy repülési teljesítmény is, mostanában egyre nagyobb előszeretettel alkalmazzák a légcsavaros gázturbinákat. Elég itt a négymotoros *Viscount* utasszállító sikerére utalni, amelyben igen nagy része van a légcsavaros gázturbinának.

Milyen előnyökkel kecsegtet a légcsavaros gázturbina alkalmazása? Az ilyen hajtómű a dugattyúsokkal összeha-

sonlítóva sokkal könnyebb, viszont teljesítménye sokkal nagyobb. Homlokellenállása, a légáramlással szembenező felülete jóval kisebb a dugattyús motorokénál. Azonnal indítható, csakúgy, mint a gázsugár-hajtóművek. Csak forgó alkatrészei vannak, így járása sima, csendes; tervezése, gyártása egyszerűbb. Hajtóanyagként a sokkal olcsóbb és a gázsugár-hajtóműveknél használatos egyszerűbb kőolajszármazékok is megfelelnek.

FŐKÉNT A KÖZEPES TÁVOLSÁGI REPÜLÉSBEN ELŐNYÖS

Összehasonlításként lássuk az egyik legújabb ilyen légsavaros gázturbina, a *Proteus* adatait. Ez a hajtómű 287 cm hosszú, 105 cm átmérőjű. Súlya 1360 kg. Teljesítménye 3650 LE, azaz annyi, mint a kétszer ilyen súlyos és nagy dugattyús motoroké. Ugyanakkor még 600 kg-nyi tolóerőt is termelnek a belőle kiáramló gázok. Fogyasztása óránként mindössze 830 kg üzemanyag. Nem sokkal több, mint a hasonló teljesítményű dugattyús motoroké, viszont sokkal kevesebbe kerül, mert olcsó, egyszerű benzinnel vagy kerozénal működik. A nagy fordulatszámot 1000-re csökkenti le a fogaskerékáttétel, azaz a légsavár aránylag lassan forog, ami magas hatásfokot és csendes üzemet biztosít. Sűrítője tizenkét fokozatú axiális, turbinája négyfokozatú. Ebből két fokozat a sűrítőt forgatja, a két hátsó pedig üreges tengely segítségével a légsavart forgató fogaskerék-közlőművet hajtja. Az égés nyolc égéskamrában történik.

A légsavaros gázturbinák használata elsősorban az utas-
szállítóknál és a katonai szállítógépeknél terjed. Ilyen a hajtóműve pl. a legutóbbi tusinói repülőnapon bemutatott *An-4* kéthajtóműves szovjet szállító gépnek is.

Nem túlzás azt állítani, hogy a légsavaros gázturbina előtt még sok fejlődési lehetőség áll, s a jövőben a legelterjedtebb repülőgép-hajtóművek közé fog tartozni.

RAKÉTAHAJTÁSÚ REPÜLŐGÉPEK

Térjünk most vissza oda, ahonnan kiindultunk: a rakétahajtáshoz. Működési elvét már ismertük, de nem beszéltünk még arról, hogyan hasznosítják a repülésben. Az

eredmény meglehetősen lesújtó, mert közel sem olyan elterjedtek, mint ez nagy teljesítményük alapján várható volna. Az ok nyilvánvaló: nem gazdaságosak.

Mégis, itt-ott találkozhatunk olyan repülőgépekkel, amelyeknek hajtására rakéta-hajtóművet használnak. Ezek első sorban a nagysebességű repülés kutatására használt kísérleti gépek, nemkülönben az egyéb tudományos kutatás céljait szolgáló rakéták, melyek pilóta nélküliek és csak regisztráló műszereket visznek magukkal.

Az 1957. évi júliusi francia Le Bourget-ben rendezett nemzetközi repülőgépkiallításon több rakéta került bemutatásra, melyek már sorozatgyártáson mentek keresztül. Még jelentősebb volt a szovjet interkontinentális rakéta sikeres kipróbálása. Az említettek majdnem mindegyike hadászati célokat, távirányítású bombázásokat szolgál, persze bennülő pilóta nélkül, lenyűgözően nagy hatósugárral.

A második világháború utolsó hónapjaiban a németek rakétahajtóművel felszerelt gépeket próbáltak elhárító vadászkén bevetni a támadó ellenséges légierő ellen. Közülük egyet meglehetősen jól ismerünk. Ez a Me—163 együléses, csupaszárny-repülőgép két rakétahajtóművel. A kisebb rakétának csupán az volt a rendeltetése, hogy kicsiny fogyasztással éppen csak a levegőben tartsa a gépet. Ha harci feladatra került sor, bekapcsolták a másik nagyobb, 1900 kg tolóerejű rakétát is. Nem volt kereke sem, hogy ezzel is csökkentse a súlyát, s a vitorlázókhoz hasonlóan csúszótalpra szállt le. Hogy ne fogyasszon sok üzemanyagot az emelkedéssel, kétmotoros bombázó vontatta fel nagy magasságba, ahol bekapcsolva a kisebb hajtóművet, szinte lebegve várta ellenfelét. Ha ellenfele megjelent, a két hajtómű 900 km/órás sebességgel vitte célja felé. Óriási fogyasztása miatt tüzelőanyaga mindössze 10 percnyi repüléshez volt elegendő, s ez volt a fő oka annak, hogy a gép nem válhatott be. Hátrány volt még az is, hogy különleges üzemanyaggal, bonyolult berendezések segítségével lehetett csak tölteni.

A Me 163 géppel nagyjából azonos a Szovjetunió *Jak 21* elhárító vadászgépével, amelyet a háború utáni években terveztek.

Rakétahajtású repülőgép ma jóformán egyáltalán nincs szolgálatban. A már említett kísérleti gépeken kívül csupán

egy gépről tudunk, amelyet három rakétamotor hajt. Ez a francia *Trident* vadászgép. A gép farába elhelyezett, összeépített három rakétahajtóművön kívül szárnyainak végein egy-egy „Vipera” típusú gázsugarhajtómű van. Ezek hajtják a gépet rendes körülmények között, s a rakétákat csak támadáskor, emelkedéskor vagy meneküléskor használják.

E gép 3 perc alatt 15 000 m magasra száll fel függélyes repüléssel. A teljesítményeit nem publikáló amerikai Star Fighter mellett e francia vadászgépet tartják a legnagyobb teljesítményűnek.

RAKÉTÁK SEGÉDKEZNEK A FELSZÁLLÁSNÁL

A rakétahajtóművek el nem terjedésének nemcsak gazdaságossági okai vannak, hanem az is, hogy ma még nem tudjuk kihasználni óriási teljesítményüket. A Föld légkörét elhagyó rakétáknál más a helyzet, ezeket nem fenyegeti a hőgát, az elolvadás veszélye. De a légkörben közlekedő repülőgép előbb-utóbb erre a sorsra jutna, ha a rakétahajtómű több ezer km/órás sebességgel préselné át a surlódást okozó levegőt.

A rakétahajtómű tehát ma még túl sokat „tud” ahhoz, hogy hajtóműként a mindennapos repülés szolgálatába állíthassuk. Annál jobb szolgálatokat tehet azonban segédeszközként.

Mindenki tudja, hogy a túlterhelt, vagy a ritka levegőjű hegyi repülőterekről induló repülőgép csak hosszú és izgalmas gurulás után tud annyi sebességet gyűjteni, amennyi a gép levegőbeemeléséhez elegendő. A motorokat az indulás veszi legjobban igénybe, mert rövid idő alatt kell a nehéz gépeket felgyorsítaniuk olyan sebességre, amelynél már elegendő felhajtóerő támad a szárnyakon.

Ezen a nehézségen két módon segíthetünk. Vagy hosszú futópályákat építünk, vagy valamilyen módon erőtlöbbletet adunk a gépnek a felszálláshoz.

Az első módszer egyszerűnek látszik, a valóságban azonban korántsem az. Nincs ugyanis mód arra, hogy 4—10 kilométer hosszú betonpályákat építsünk, hiszen igen ritka az ilyen nagyságú, sima, és más szempontokból is megfelelő terület. Arról ne is beszéljünk, hogy 1 km hosszúságú beton-

pálya költségeiből 15 km hosszúságú elsőrendű autótutat építhetünk.

Marad tehát a második lehetőség, amellyel már találkozunk, hiszen lényegében ilyen célokat szolgál az utánégetés is. Nehéz körülmények között azonban az utánégető sem elegendő, s még nagyobb teljesítményű indítóberendezésre van szükség. Ez a berendezés az indítórakéta.

Voltaképpen olyan kicsiny rakétaegység ez, amelyet a gép aljára vagy oldalára szerelnek, s induláskor a teljes gázzal működő motorokkal közösen, igen rövid idő alatt felgyorsítja a repülőgépet a szükséges sebességre. Minthogy a felgyorsítás rövid idő alatt megtörténik, a rakétának sem kell hosszú ideig működnie. Általában 15—30 másodperc elegendő a gép felgyorsításához, s utána már saját motorjai erejéből halad előre. A kiürült rakétát ledobják a gépről.

A startrakéták legnagyobb része lőporos, vagy más szilárd halmazállapotú tüzelőanyag van bennük. Így szerkezetük sokkal egyszerűbb, mint a folyadékos rakétáké. Gyújtásuk elektromos úton történik. Vannak olyan repülőgépek — pl. a B—47 bombázógép —, amelyeket tervezőjük már eleve úgy alkotott meg, hogy a gép oldalán fészkeket készített az indítórakétáknak.

HOGYAN LESZ A RAKÉTÁBÓL — FÉK?

Noha az indítórakéták legnagyobb része lőporos, az utóbbi időben már találkozunk folyadékosokkal is. Ezeket kiürülésük után kis ejtőernyővel dobják le, így aránylag sértetlenül érnek a repülőtér közelében földet.

Ilyen folyadékos indítórakéta a *Super-Sprite* is, amelyet négy sugárhajtóműves deltabombázók indításánál használnak. Ez a hajtómű nem olyan egyszerű szerkezet, mint a lőporos rakéták, hanem valóban megérdemli a hajtómű nevet. Szerkezete lényegében azonos a V—2 rakétáéval. A bombázó hasa alá két, egyenként 660 kg súlyú rakéta kerül. Átmérőjük 51 cm, hosszuk majdnem 300 cm. 40 mp-ig működnek, s ezalatt egyenként 1900 kg tolóerőt fejtenek ki, ami kereken 25%-kal emeli a négyhajtóműves gép sebességét. Ez a többlet bőven elegendő a gép levegőbeemeléséhez. A 40 másodperc alatt egyenként 260 liter hidrogénperoxidot, 23 liter kerozént

és ezeknek a tartályokból való kiszorításához 60 liter 210 légkörnyi nyomáson összesűrített nitrogént használnak el.

Újabban más, nagyfontosságú alkalmazási területeket is találtak a rakétáknak. Rakétával „lövik” ki például kabinjával együtt a bajbajutott pilótát nagysebességű repülőgépből, nehogy a gép kormányfelületeinek ütközhessen (L. borítólapot.)

De fékként és a dugattyús motoroknál indítóként is felhasználható a rakéta. Fékként a németek használták teher szállító vitorlázógépeik leszállás utáni fékezésére. A pilóta elé, a törzsorrra kályhacsőszerű csöveket építettek be. A rakétákból kiáramló gázok visszalökő ereje állította meg aztán a szűk terepen leszálló gépet.

Dugattyús motorok indítására úgy használták fel, hogy acélszalaggal kis rakéta patronokat erősítettek a légsavar szárnyainak végére. Begyújtás után a rakéták előre, azaz körbe kezdték forgatni a légsavart, amíg a motor beindult. Amint a légsavar gyorsabban kezdett pörögni, a növekvő centrifugális erő letépte róla a patronokat.

AZ ATOMHAJTÁSÚ REPÜLŐGÉPEK LEHETŐSÉGEI

Nem lenne teljes a hajtóművekről szóló ismertetésünk, ha nem térnénk ki az atom-hajtóművekre, s a repülésben való felhasználásuk lehetőségeire.

Ma már felesleges arról vitatkozni, lehetséges-e az atommotort közlekedési járművek hajtóműveként felhasználni, hiszen az atomhajtású *Nautilus* tengeralattjáró már több mint 100 000 km-es tengeri utat tett meg, s a Szovjetunióban jég-törő és teher szállítóhajókat, az Egyesült Államokban további tengeralattjárókat és teherhajókat, Angliában pedig csatahajókat építenek atomgépekkel. Mindez azonban nem jelenti, hogy az atom-hajtómű rövidesen felkerül a repülőgépekre is.

Vajon miért nem? Tudjuk, hogy az atomerőműben, atomreaktorban valamilyen hasadóanyag, például a 235-ös uránnal dúsított természetes uránium hasadása közben óriási hőenergia szabadul fel. A felszabaduló hőenergia egy részét használják fel gőz termelésére, amely azután hajtja a gőzturbinákat.

A folyamat tehát meglehetősen egyszerű, s nehézséget

csupán az okoz, hogy a veszélyes rádioaktív sugárzás ellen több méteres vastagságú betonfalakkal kell védekezni, s a reaktor hűtését is aránylag nehéz megoldani.

Szárazföldi atomtelepeknél nem probléma a védőfalak megépítése, hűtésül meg rendszerint egy folyó vizét használják fel. Hajóknál is megoldható a kérdés, mert a nagy hajó súlyához képest nem túl jelentős a védőfalazat, hűtésül meg ott van a tenger, amelynek tömegéhez képest elenyésző az atomhajtómű által termelt hő és sugárzás.

A repülőgépnél azonban más a helyzet. Itt nincs mód arra, hogy több tonnás falakat emeljenek, de probléma az is, hogy a hűtéshez meglehetősen nehézkes, hatalmas berendezésre van szükség. Mégis elképzelhető, hogy nemsokára sikerül majd olyan kisméretű atommáglyákat építeni, amelyeket már a repülőgépek is elbírnak. Biztató ígélet erre az a nemrégiben bejelentett kísérlet, amely szerint egy B—36 típusú, tízmotoros óriásbombázó testébe már beszereltek egy működő atommáglyácskát, hogy tanulmányozzák a sugárzási veszély elhárításának módjait.

Másfajta, eddig még nem is sejtett hajtóművek feltűnését nehéz lenne megjósolni. De azt is nehéz lenne állítani, hogy ilyenek felfedezésére már nincs lehetőség.

Hogy mit hoz a jövő — nem tudhatjuk. Azt azonban nyugodtan megállapíthatjuk, hogy a sugárhajtóművek előretörése mind a repülésben, mind az egész emberiség életében igen nagy jelentőségű, hiszen néhány évtizeddel ezelőtt még a legvakmerőbb álmodozók sem tartották lehetségesnek olyan sebességek, olyan teljesítmények elérését, amelyeket ezek az új hajtóművek már ma is biztosítanak a legkorszerűbb közlekedési eszköznek, a repülőgépnek.

ÚJ UTAK A REPÜLÉSBEN

A legutóbbi évtizedekben a repülés valamennyi területén szédületes iramú a fejlődés, s ma még csak jóslásokba sem lehet bocsátkozni, milyen eredmények várhatók a következő évtizedekben vagy évszázadokban. Mi csak a múlt eredményeit látjuk — ezeket is csak néha-néha —, de hogy mögöttük mennyi verejtékes munka, izgalmas kutatás rejlik, arról legtöbbször fogalmunk sincsen. Éppen ezért nagyon nehéz lándzsát törni amellett, hogy a repülésben sok-sok évtized múlva milyen irányzatok kapnak majd lábra. Lehetőséges, hogy olyan, merőben új megoldások, amilyenekre nem gondolnak még a laboratóriumokban dolgozó, a jövőt fürkésző kutatók sem.

Az azonban bizonyos, hogy a repülésben most, a szemünk láttára is új utakat vágnak. Még korai volna teljes bizonyossággal állítani, hogy ezek lesznek a jövő útjai, hiszen az új szerkezetek legtöbbje katonai célokra jött létre. Jól tudjuk, hogy ezen a területen a teljesítmények a döntők, s kevésbé fontos, hogy mibe kerülnek. A polgári légiforgalomban azonban a legfontosabb követelmény a biztonság és gazdaságosság. Ezért kétséges hasznosításuk a polgári repülésben.

Bátran állíthatjuk tehát, hogy ezek az új szerkezetek — a következőkben majd részletesen is bemutatjuk őket — bizonyos tekintetben megelőzték saját korukat. Egészen valószínű, hogyha a polgári kutatás eredményeként csak 10,

20 vagy 30 év múlva jönnek létre, sokkal célszerűbbek lehetnének. A mai megoldásukat csak nyers kidolgozásnak tekinthetjük, amelyen bőven akad még finomítani való.

Mi az ösztönzője ennek az útkeresésnek? Az eddigiekben már többször szóba került, hogy az utóbbi években mind jobban előtérbe került az olyan repülőgéptípus megalkotásának szükségessége, amely az egyéb — szárazföldi és vízi — járműveknél nagyobb sebességet tud nyújtani, de minden körülmények között teljesen biztonságos. A merevszárnyú repülőgépek ugyan óriási repülési sebességek elérését tették lehetővé, de a leszállás nagy, kb. 200 km/ó sebességnél — elsősorban a repülőtereken kívül végrehajtott kényszerleszállásoknál — a biztonság erősen lecsökken. A forgószárnyú repülőgépeknél a függőleges felszállás, valamint az ennél jóval kisebb szög alatti, motor nélküli autorotációs, siklóleszállás ugyan megfelelő biztonságot nyújt, viszont a sebesség nem növelhető nagyobbra 200—250 km/ó-nál.

A döntő probléma tehát a nagy utazósebesség és a kis sebességű, biztonságos leszállás egyesítése. Természetesen a biztonságos leszállásba beleértjük a kényszerleszállás problémáját is, hiszen nem mindegy, hogy a repülőszerkezet motorhiba esetén hogyan kerül vissza a földre. Ezek azok az okok, amelyek új utakra vezették a repülőgéptervezőket, s ezek vezették végső fokon az új, különleges repülőszerkezetek megtervezéséhez.

Az új szerkezetek igen nagy része a hajtóművek — elsősorban a gázsugárhajtóművek — óriási fejlődésének köszönheti megszületését. Már tudjuk, hogy a gázsugárhajtóművekkel kis súly mellett óriási teljesítményt lehet elérni. A teljesítmény hasznosításához nincs szükség semmiféle átalakító-műre, pl. légcsavarra, mert a teljesítményt a hajtómű fuvókájából nagy sebességgel kiáramló égésgázok sugarának tolóereje szolgáltatja.

A „REPÜLŐ NYUGÁGY” ÉS A „REPÜLŐ DOBOGÓ”

Kézenfekvő az az elgondolás, hogy ha a kiáramló gáz-sugarat függőlegesen a föld felé irányítjuk, ezzel ellentétes, függőlegesen felfelé ható tolóerőt kapunk, amely a gépet helyből, nekifutás nélkül, függőlegesen emelheti a levegőbe.

Az angol *Rolls-Royce* gyár néhány évvel ezelőtt épített egy olyan gázsugárhajtóművet, amelynek kiáramló gázsugara jóval nagyobb tolóerőt létesített a hajtómű önsúlyánál. Ezzel a hajtóművel igen érdekes kísérleteket végeztek. A többi között pl. egy ember helyet foglalt a hajtómű tetejére épített ülésen, s vele együtt az egész berendezés — szárnyak, törzs nélkül — függőlegesen a levegőbe emelkedett. A napilapok terjedelmesen foglalkoztak ezzel a kísérlettel, s úgy mutatták be ezt a „repülő motor”-nak, „repülő nyugagy”-nak elkeresztelt szerkezetet, mintha a jövő repülőgépe lenne. Ez egyáltalán nem valószínű, annyi azonban igaz, hogy ez volt az első eset, amikor egy hajtómű hordfelületek stb. nélkül emelkedett a levegőbe.

Nagyon érdekes kísérleteket végzett ezen a területen a francia *SNECMA*-gyár is, az *ATAR—101—G* jelzésű hajtóművével. Ez a hajtómű egyébként is megérdemli, hogy teljesítményi adatairól részletesen beszámoljunk. Legnagyobb teljesítménye ugyanis a tengerszint magasságában kb. 30 000 LE, súlya viszont ehhez képest szinte „elenyésző”, mindössze 1000 kg. A hajtómű fajlagos súlya tehát 30 gramm lóerőnként. Nem tévedünk: két egyszerű, borítékos levél súlya 1 lóerőt teljesít!

Ezt tolóerőre átszámítva, a hajtómű fúvócsövén kiáramló égésgázok a tengerszint magasságában 4400 kg tolóerőt létesítenek. Egyetlen ilyen hajtómű tehát 4 hasonló berendezést képes a levegőbe emelni, s ott egyhelyben lebegtetni. Ha tárgyilagosaak akarunk lenni, azt is meg kell említeni, hogy mindez óránként 7700 kg folyékony tüzelőanyag elfogyasztásába kerül, tehát a fogyasztás 257 gramm tüzelőanyag lóerő-óránként. (A mai dugattyús motorok fogyasztása benzin-üzemnél kb. 220 gramm, nyersolaj- (Diesel-) üzemnél pedig kb. 180 gramm lóerő-óránként.)

Ha részletesen szemügyre vesszük a modern gázsugárhajtóművek adatait, láthatjuk: nincs különösebb akadálya annak, hogy az ilyen hajtóművek felhajtószerkezetek — hordfelület, légcsavar stb. — nélkül is önmagukban függőlegesen a levegőbe emelkedjenek. Ehhez csupán az szükséges, hogy a kiáramló gázsugár tolóereje jóval nagyobb legyen, mint az egész szerkezet önsúlya, pilótájával együtt. Ezen a módon elképzelhető, hogy a hajtómű függőlegesen a levegőbe

emelkedik, egyhelyben lebeg, majd függőlegesen a földre ereszkedik, sőt, a szerkezet előredöntésével még előre is haladhat. Az előrebillentés történhetik pl. úgy is, hogy a hajtómű alján több fuvókán át vezetik ki a gázsugarat, olyan módon, hogy a fuvókából kiáramló gázsugár sebességét külön-külön szabályozni lehessen. Azon az oldalon, amelyen a gázsugár kiáramlásának sebességét csökkentjük, kisebb lesz a tolóerő, következésképpen ez az oldal lefelé billen.

Különleges repülőszerkezet pl. a Hiller-gyár — nem kevés szenzációhajhászással — „repülő dobogó”-nak, „repülő szószék”-nek elkeresztelt gépe is. Lényegében olyan korongalakú szerkezet ez, amelyben könnyű dugattyús benzinmotor két ellentétesen forgó légcsavart forgat. A korong helyzete vízszintes, a légcsavartengely függőleges. Ez a szerkezet tehát a légcsavarok által létesített emelőerővel repül. A pilóta a korongon áll, s testének megdöntésével egyensúlyozza és irányítja a gépet. A vízszintes repülés is így történik: ha testét előredönti, a gép is megdől, s így a légcsavarok vízszintes irányú előrehajtó erőt létesítenek. Képzeltető, erős szélben milyen vitustáncot kell lejtene a pilótának, hogy a gép egyensúlyát megtarthassa.

FÜGGŐLEGESEN FEL, VÍZSZINTESEN ELŐRE

A „repülő dobogó”-ról nem hoztak túlságosan sok adatot nyilvánosságra, csupán néhány fényképet. A képeken valóban láthatjuk a levegőben lebegő szerkezetet, a korláttal körülvett pilótát, amint a gépet irányítja, de azt is megállapíthatjuk róluk, hogy a két egymással ellentétesen forgó légcsavar átmérője nem haladhatja meg a 2 m-t.

Valami rendkívüli, nem mindennapi, kis súlyú és nagy teljesítményű hajtóművel lehetséges gépszerkezetet pilótával aerodinamikai úton függőlegesen felemelni. De ezt is csak oly módon, hogy a két ellentétes forgású, coaxialis légcsavart körülvevő korong és terelőfelületek útján a légcsavarcsóva (szél, áramlás) lefelé szétterjedő kúposágát összeszűkítik, abnormális magasságban hengeresre képezik. Ezzel a „légpárnát” (a föld feletti légsűrítést) és ezáltal a légcsavarok emelőerejét megnövelik. Ily módon lehetséges pár

méteres függőleges felszállás, ami talán az előttünk ismeretlen célnak megfelelő, de az ily „repülést” még sem tekinthetjük komolynak.

A nagyteljesítményű hajtóművek azt is lehetővé tették, hogy olyan merevszárnyú sárkánygépet tervezzenek, amely a törzsének végén levő különleges berendezésről függőlegesen emelkedik a levegőbe, s leszálláskor ugyanígy a törzs hátsó részére ereszkedik vissza. Ennek a gépcsoportnak jellegzetes képviselője az amerikai deltaszárnyú *Pogo*. Két légcsavaros gázturbinájának húzóteljesítménye nagyobb, mint az egész gép súlya, így természetesen függőlegesen is emelkedhet.

A pilóta a törzs orrában ül különleges billenőszékben, hogy induláskor ne hanyatt feküdjék. Induláskor és a függőleges emelkedés közben a szék úgy áll, hogy a pilóta felső teste párhuzamos a törzs hossz tengelyével. Megfelelő magasság elérésekor a pilóta előredönti a gépét — ezzel egyidőben elbillen a különleges szék is —, s útját vízszintes repülésben folytatja tovább. Leszálláskor először függőleges emelkedésbe kezd a gép, majd a motorteljesítmény csökkentésével megáll, s lassan visszaereszkedik a törzs alján levő leszállóberendezésre. Az ilyen rendszerű gépek vízszintes repülésben igen nagy sebességeket érhetnek el, csupán az a hátrány, hogy nagyobb gépnél nem lehet alkalmazni ezt a megoldást, mert a hajtómű légcsavarjainak húzóteljesítménye nem elegendő e gépek függőleges levegőbe emelésére.

Jellegzetes típus az amerikai Bell-gyár XF—108 jelzésű kisméretű, egyfedelű, merevszárnyú gépe is, amelynek szárnya alá, a törzs két oldalára egy-egy, 90°-os szögben elfordítható gázsugarhajtómű van építve. A felszállás úgy történik, hogy a sugárhajtóművek kiömlőnyílásait a föld felé fordítják, mire a belőlük kiáramló gázsugarak tolóereje függőlegesen emeli a gépet a levegőbe. Megfelelő magasság elérésekor a hajtóműveket vízszintesre fordítják, így a kiáramló gázsugarak már előre viszik a gépet. Ezenkívül még egy *Turbomeca-Palouste*-típusú gázsugarhajtómű is van a gépbe beépítve, ennek változtatható irányú gázsugara végzi a kormányzást a gép farokrészen.

Erről a gépről is nagyon kevés adatot hoztak még nyilvánosságra, nem ismerjük teljesítményét, eredményeit. De

itt sem látszik megoldottnak a biztonságos kényszerleszállás problémája — a kis hordfelületű szárnyak miatt —, s nem tudjuk, biztonságos-e az átmenet a függőleges emelkedésből a vízszintes repülésbe.

A GYŰRŰSSZÁRNYÚ REPÜLŐGÉP

Külön meg kell még emlékezni a gyűrűsszárnnyú gépről, a *koleopterről*, amelynek fejlesztésével Zborowski vezetésével Franciaországban már több év óta foglalkoznak. Függőlegesen fel- és leszálló, nagysebességű gép ez is; szárnya a géptest hátsó részét hordóként, gyűrűként fogja körül. Két hajtóműve van: egy gázsugárhajtómű és egy torlósugárhajtómű. Leszállóberendezése ugyanolyan, mint a *Pogo*-é, tehát nyugalmi helyzetben a hosszúkás gép függőlegesen áll a földön, különleges, a törzs hátsó részére épített leszállóberendezésén. Felszálláskor gázsugárhajtóművének tolóerejével függőlegesen emelkedik a levegőbe, megfelelő magasság elérésekor vízszintes repülésbe fordul át, majd bizonyos sebesség elérésekor bekapcsolják a torlósugár-hajtóművet, amely óriási sebességet biztosít a gépnek. A torlósugár-hajtóművet egyébként maga a gyűrűalakú szárny alkotja, a szárny által közrefogott térségbe vezetik be és itt égetik el a tüzelőanyagot, amelynek kitáguló égésgázai nagy sebességgel előre-hajtják a gépet. A pilóta hasonlóképpen különleges billenőszékben foglal helyet, s így testhelyzetével állandóan követi a gép helyzetét, tehát ő is „átbillen”, amikor a gép függőlegesen emelkedésből vízszintes repülésbe megy át.

Az eddigiekben ismertetett, közös gyűjtőnévvel *vertiplánnak*, függőlegesen is emelkedő sárkány repülőgépeknek még koránt sincs megoldva minden problémájuk. De még sebezhető pontjaik közül is a legsebezhetőbb a függőleges emelkedésből vízszintes repülésbe való átfordulás pillanata, amikor rendkívüli erőhatások léphetnek fel.

MENETKÖZBEN ÁTALAKÍTOTT REPÜLŐGÉPEK

A különleges repülőszerkezetek másik nagy csoportját *konvertiplánok*-nak, átformálható repülőgépeknek nevezik, s ezek is a függőleges fel- és leszállás, valamint a nagy utazó-

sebesség előnyeit kívánják egyesíteni. Lényegileg nagyon sok közülük van a helikopterekhez, a forgószárnyú gépekhez, de számtalan változatuk alakult ki.

Ilyen gép pl. az amerikai McDonell XV—1 típusú is, amelyen minden van, amit csak egy repülőgépre építeni lehet: merev szárny, rotor és egy olyan toló-légcsavar, amelyeneket a sárkány-rendszerű gépeken alkalmaznak. Felszálláskor a motor a háromágú emelő-rotort hajtja, majd bizonyos magasság elérésekor a toló-légcsavart forgatja oly módon, hogy a gép súlyát a hordfelület emeli, s a rotor a menetszéltől forgatva autogiroként működik. Ebben a gép-rendszerben túlságosan sok alkotóelemet kombináltak, s nagyon kétséges, hogy közülük csak az egyik is tökéletesen működhet.

Hasonló megoldás az is, amelynél a szárnyvégeken elhelyezett légcsavarok tetszés szerint vízszintes vagy függőleges irányba állíthatók. Így elérhető, hogy a gép függőlegesen emelkedjék a levegőbe, vízszintesen haladjon tovább, majd ismét függőlegesen ereszkedjék a földre. Erre a megoldásra is meglehetősen sok változat született már.

Sőt, olyan kombinációkat is kidolgoztak, hogy a motorral hajtott rotort vízszintes repülésnél a törzsbe vonják, s így a gép merev szárnyal repül tovább gázsugarhajtóműve tolóerejével. Mindez így igen szépen hangzik, s elmondva igen egyszerű. De hogy miként történik ez az „egyszerű” rotor-behúzás, milyen megoldással, milyen bonyolult szerkezettel — arról még nem sok adatot hoztak nyilvánosságra.

A tervezett megoldások általában nagyon bonyolultnak tűnnek — s ez egyaránt vonatkozik mind a vertiplán, mind a konvertiplán-rendszerre —, ezért tehát nagyon nehéz elfogulatlan véleményt alkotni. Annyi azonban kézenfekvő: a megoldásokat sokkal egyszerűbbé kell tenni.

MENTŐÖV ÉS SPORTESZKÖZ A LEVEGŐBEN

Az újságokban néha-néha megjelenik valami kis jelentés, hogy egy nagysebességű repülőgép berepülés közben szétrobbant a levegőben, a gép személyzete azonban ejtőernyővel szerencsésen megmenekült. Amikor ilyen hírt olvassunk, valahogyan természetesnek vesszük, hogy az ejtőernyő megmentette egy, vagy több ember életét. Tekintetünk átsiklik a sorokon és legtöbbször még csak gondolatot sem fűzünk az eseményhez.

Pedig gondolhatnánk valahogyan így is: mi lett volna, ha nem lenne ejtőernyő? A hideg végigszalad a hátunkon, s gyorsan továbblapozzuk az újságot a sportrovatig. Új világrekordot érték el ejtőernyővel — akad meg a szemünk az egyik kis jelentésen.

Hát annyira veszélytelen lenne már az ejtőernyőugrás, hogy sportot is űzhetnek belőle? — vetődik fel bennünk a kérdés. Tény az, hogy ez a sport semmivel sem rejteget több veszélyt, mint a többi fejlett technikai sport, mint pl. a repülés. Igaz, az ejtőernyőt nem azzal a céllal fejlesztették a mai formájáig, hogy sporteszköz váljék belőle, hanem az vezette a feltalálókat, hogy a repülőgép személyzetét, a pilótát menteni tudják, ha valami baj történik.

A repülők nagyon becsülik ezt az egyetlen életmentő eszközt, mert azt tartják: az ejtőernyő olyan valami, amelyre egyszer szükségük lehet, de ha akkor nincs náluk, többet soha sem lesz rá szükségük.

Így a repüléstechnika rohamos fejlődésével mindig továbbfejlődik az ejtőernyő is. A hang sebessége körüli repülés már új szerkezet beiktatását tette szükségessé, hogy a pilóta biztonságosan elhagyhassa gépét. Még nem tudjuk, mi a repülés legfelsőbb sebességhatára, de az mindenesetre biztos, hogy a repülőgéptervezők az elérhető legnagyobb sebességnél is elsődleges feladatnak tekintik a pilóta biztonságát. Sok bátor úttörő életébe került már, de megtanulták: az ejtőernyő a szárnyaszegett gép pilótájának új szárnyat ad.

Nehéz volna megállapítani, milyen módon próbálkoztak az írásos emlékek előtt az első ejtőernyő megalkotásával, hány ember vesztette életét, de minden bizonnyal voltak ilyen próbálkozások, hiszen az első feljegyzések már eredményes kísérletekről számolnak be.

4000 éve *Shun* császár magas fal tetejéről ugrott le, két széles karimájú ernyőt tartva kezében, amelyek az esési sebességet olyannyira meglassították, hogy szerencsésen ért földet.

A következő írásos emléket újabb 3000 év múlva találjuk. 1178-ban a bizánci császár valamilyen „eséscsökkentő” szerkezetet próbálgatott, nem sok sikerrel. Valószínű azonban, hogy annak a szerkezetnek jónak kellett lenni, mert 1937-ben egy *Clem Sohn* nevű amerikai „madárember” rekonstruálta és több szerencsés földetérést produkált, végül azonban az életével fizetett.

Leonardo da Vinci érdeme az ember által használható első ejtőernyő terve. Számos kísérlettel igazolta számításainak eredményét, amelyeknek végleges formáját 1502-ben megjelent könyvében írta meg.

100 évvel később *Verancsics Faustus*, Olaszországban élő hazánkfia szerkesztett ejtőernyőt. Amikor elkészítette négyszögletes vászon ejtőernyőjét, már ismerte a levegő ellenállását.

Hogy ez az ejtőernyő használható volt, hamarosan bebizonyosodott. 1628-ban egy várfogságra ítélt hadifogoly szökést kísérelt meg olyan szerkezet segítségével, amelyet *Verancsics* írásaiból ismert meg. Összegyűjtött lepedőkből éjszakánként megvarrta ejtőernyőjét, hogy a magas várfalról levethesse magát, megszabaduljon a várfogságtól. Úgy látszik, elég nagyra készíthette ejtőernyőjét, mert ugrása sí-

került, s szerencsésen földet ért a várfalakon kívül. Szabadságát ezzel a bátor tettevel megérdemelte volna, de az örök észrevették. További sorsát a középkor inkvizíciójának homálya borítja.

AZ ELSŐ EJTŐERNYŐS SIKER

A léggömb feltalálása parancsolólag követelte az ejtőernyő problémájának megoldását. A léggömbben ülők ugyanis nagyon ki voltak téve a szél elsodrása veszélyének, s különösen veszélyes volt a léggömbök hidrogén-gáz töltése, amely gyakran felrobbant.

1792-ben végezték az első nagyobb magasságból való ugrást, hatalmas tömeg előtt. Amikor *Garnerin* az ejtőernyőre szerelt könnyű kosárban földet ért, egymást taposták az emberek, hogy csak egy pillanatra láthassák a „legbátrabb” embert.

Különben *Garnerin* ejtőernyőjének története hazánkba is visszanyúlik. *Garnerin* ugyanis osztrák hadifogoly volt Buda várában és szökést kísérelt meg ejtőernyő segítségével. Nagy titokban elkészült szerkezete már-már biztos sikerrel kecsegtette, amikor a szökés éjjelén az egyik szomszédos cella lakója megőrült és fellármázta az őrseget. *Garnerin*et rajta-csípték, s ha nem találja fel magát hirtelen azzal, hogy csupán „unalmas” óráit töltötte az ejtőernyő készítésével, életével fizet.

Szabadulása után tökéletesítette ejtőernyőjét, amellyel nagyon sok ugrást végzett és kitűnő jövedelmi forrásra tett szert vele. Később ugyanis lánya követte apja példáját és 1802. szeptember 21-én a párizsi közönség előtt végzett ugrásokat. A mai Városliget helyén is bemutatták ugrásukat a magyar közönségnek.

Lassan az ejtőernyősugrás néhány bátor ember pénzszerzési eszközévé vált, de ugyanakkor számos léghajós is megmentette életét ejtőernyővel.

A kormányozható léghajó megjelenésével az ejtőernyő új formát kap, mert a régi a léghajó mozgása által keltett áramlás miatt nem volt használható. A régi ejtőernyő ugyanis bekényszerült a hajótestbe egy nagy csomag formájában. Természetesen ilyen formában az ugrás igen kockázatos

vált, és a léghajósok nem szívesen vitték magukkal. Igaz, hogy sokan életükkel fizettek azért, mert rossznak tartották.

A léghajó tökéletesítésével bizonyos mértékben háttérbe szorult az ejtőernyő fejlesztése, tökéletesítése. Így a századfordulóig nem is változott semmit az ejtőernyő ismert formája.

Az első világháborúban igen nagy szerepet szántak a léghajónak, de vagy nem használtak ejtőernyőt rajtuk, vagy a régi ejtőernyővel szerelték fel. Emiatt az ugrások legtöbbször halállal végződtek az ejtőernyő rossz nyitása következtében. A léghajózás mellett Németország 1900 db léggömbbel vett részt a háborúban, amelyek az ellenség hadmozdulatainak megfigyelését szolgálták. Ezek nagy részét azonban lelőtték, a megfigyelő személyzet pedig ejtőernyő híján vagy a rossz ugrás következtében elpusztult.

Szerencsére az első világháború előtt, 1911-ben *Kotlyelnikov* megoldotta a pilótamentő-ernyő lehetetlenné ígérkező problémáját. Ennek ellenére sem alkalmazták széles körben, mert a hadvezetőség eltiltotta, mondván, hogy ejtőernyővel felszerelve a pilóták a legkisebb veszély esetében is elhagyják gépüket, kitérnek a légiharc elől, így az értékes gép megsemmisül. Ennek tulajdonítható, hogy a világháborúban lezuhant pilóták közül mindössze 8% menekülhetett meg ejtőernyővel. Igaz, legtöbbször az ejtőernyőugrás is végzetes kimenetelű volt, mert mindig a gép helyzetétől függött a sikeres ugrás, meg tudott-e feszülni a zsinór, amely az ejtőernyő nyitását végezte

EJTŐERNYŐ-RENDSZEREK

A gépek sebessége ebben az időszakban átlagosan évente 20—30 km/ó-val növekedett. A sebesség növekedése és az előző lesújtó tapasztalatok arra kényszerítették a tervezőket, hogy olyan ejtőernyőt szerkesszenek, amelyet a pilóta tetszés szerinti időben, a gép elhagyása után hozhat működésbe. Ez 1917-ben sikerült, s kialakult az ejtőernyő úgynevezett kézi-kioldású rendszere. Lényeges különbség az eddig használt és az új rendszer között, hogy a régi önműködő ejtőernyő a kiugró pilóta akaratától függetlenül nyílt ki, a kézi-kioldású ejtőernyőt pedig a pilóta egyetlen kézmozdulattal

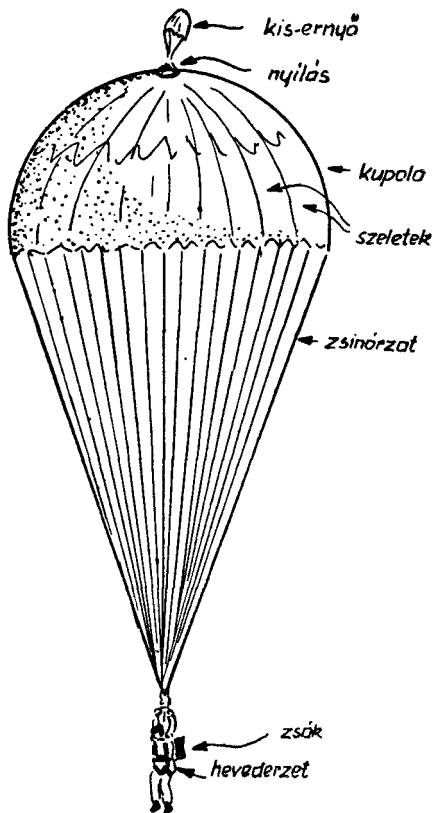
maga hozza működésbe. A ma használatos valamennyi ejtőernyő működés szempontjából ebbe a két rendszerbe tartozik, vagy ezek kombinációja, tökéletesített formában.

Az 1920-as évektől az ejtőernyő tökéletesítésével a „bátarak sportja”-nak eszközévé válik. Ezer és ezer ugrást hajtanak végre szerte a világon.

Az amerikaiak ebben az időben új sportágot fejlesztettek ki: az ugró léggömbözést.

Mi volt az ugró léggömbözés? Egy kisebb méretű léggömb zsinórzatára felcsatolták az ugrót, aki azután nagy nekirugaszkodással felugrott. A ballon felhajtóereje, amely alig kisebb egy ember súlyánál, mint holt terhet felkapta az ugrót, majd lassan visszakereszkedett vele. A feljegyzett rekord ebben az érdekességnek számító sportágban 25 m magasság és 100 m távolság volt. Minden „csoda” csak három napig tart, s ez a sport is rövidesen eltűnt a porondról.

Az első ejtőernyős rekordok bravurból, vagy véletlenül születtek. Így 1924-ben egy Arthur Hamilton nevű repülő 7115 m magasságból ugrott le fogadásból. A fogadást meg



Az ejtőernyő kupolájának zenitjén található kerék nyíláson áramlik ki az ernyő alatt összesűrűsödött levegő, ami csillapítja az ernyő lengéseit.

is nyerte, igaz, hogy ugrás közben elájult és a kiugrás helyétől 18 km-re ért földet.

Az ilyen elsodrás veszélyét a kézioldású ernyő hárítja el. Nagy magasságból az ugró szabadesésben zuhan, amikor is a szél eltérítő hatása nagyon kicsi. Az ejtőernyőt csak néhány száz méter talajfölötti magasságban nyitja ki.

ÚJ PROBLÉMÁK A HANGSEBESSÉG HATÁRÁN

A két világháború között úgyszólván a repülőgépek sebességnövekedésével párhuzamosan fejlődött az ejtőernyőzés, sport és hadászati célokra egyaránt. Elérkeztek az ejtőernyő tökéletes biztonságot nyújtó csúcspontjára. Szerzte a világon, majdnem minden állam hadseregében létrehozták az ejtőernyős alakulatokat, amelyeket rajtaütészerű támadásoknál nagyszerűen fel is használtak a második világháborúban.

A gázsugárhajtású repülőgépek megjelenése újból sok emberáldozatot követelt. A hangsebesség körüli sebességeknél úgyszólván lehetetlenné vált az egyébként a kisebb sebességű gépeknél jól bevált ejtőernyők alkalmazása. A másodpercenként 300 m, vagy még ennél is nagyobb sebességű gépből kiugró pilótát ugyanis menthetetlenül „utólérik” a törzsvégén levő, s hozzá képest magasbanyúló kormányfelületek. Hiszen a pilótaülés és a törzsvég között talán még 10 m távolság sincsen, s ezt az utat kb. 3/100-ad mp alatt teszi meg a gép.

A súlyos problémát úgy oldották meg, hogy a pilótaülést a pilótával együtt katapulttal vagy robbantással vetik ki a gépből. Az első kísérleteket ülés nélküli pilóta-tesztekkel végezték — illetve helyettük csupán műszerekkel felszerelt bábukat alkalmaztak —, de az eredmények azt mutatták, hogy a kellő gyorsaságú kivetés óriási ütését nem bírja el az emberi szervezet — védelem nélkül. Ezért azt a megoldást választották, hogy a pilótát az üléssel együtt vetik ki, s így az ülés (párnázás sb.) rugózása vette fel az ütet, s ez csupán lefékezve hathatott az emberi testre.

A kivetés gombnyomásra történik. Előbb a kabin teteje leválik a törzsről, majd majdnem ezzel egyidőben megtörik az ülés kivetése is, a benneülővel együtt. A különleges,

erre a célra kifejlesztett rakéták üzeme csak néhány másodpercig tart, de elektromos szikragyújtásuk első pillanatában is már majdnem maximális lökőerőt adnak.

A kirobbantás után a pilótának még meg kell szabadulnia az üléstől. A bekötőheveder csatja kis húzásra szétnyílik, s az ülés, valamint a pilóta különválik. Az ejtőernyő kioldó gyűrűjének meghúzásától néhány másodpercre azután a pilóta a kinyílt fehér ejtőernyő kupolája alatt a legnagyobb biztonságban lebeg.

UGRÁS — KABINNAL EGYÜTT

Ez a berendezés megoldotta a hangsebesség körüli gyorsaságú gépek pilótáinak, hajózószemélyzetének mentési problémáit. De csak addig, amíg a gépek nagy — pl. 15 000 m —, vagy még nagyobb magasságban nem repülnek. Márpedig a gázsugárhajtású gépek ilyen nagy magasságokban érik el legnagyobb hatásfokukat. Ebben a magasságban viszont a légköri viszonyok lehetetlenné teszik, hogy a pilóta közvetlenül érintkezésbe kerüljön az ottani légkörrel. A légritkaságból adódó oxigénhiányon ugyan még lehetne segíteni olyan kis-méretű oxigéntartállyal, amely a pilótához van erősítve, s csöve a légmentesen záró fémsisakba vezet. A veszély, sőt a biztos és másodperceken belül elkerülhetetlenül bekövetkező halál a légnyomás alacsonyságában van.

Az e magasságban uralkodó —56,5 C° hideg, ehhez a veszélyhez mérten igazán „csekélység”, hiszen itt vannak az elektromos árammal fűthető pilótaruhák.

A rendkívüli nehézséget támasztó feladatot úgy oldották meg, hogy a géptörzs orrával együtt az egész pilótakabint le-robbantják. A kabint magábafooglaló törzsortt ezért önálló egységként alakítják ki, és tömítéssel zárják el a külvilágtól. Különleges berendezés gondoskodik arról, hogy a kabin belsejében levő légviszonyok állandóan a 3000 m magasságban uralkodó légviszonyoknak feleljenek meg.

Az ehhez szükséges légsűrítőt és fűtőberendezést normális üzemben a hajtóművel működtetett generátor, lerobbantott állapotban pedig a beépített akkumulátor árama táplálja. Az orr rögzítése a törzshöz úgy van megoldva, hogy

szétválásukkor az orrnak a törzshöz csatlakozó felülete nem sérülhet meg, s így a légmentes zárás biztosítva van.

A törzsorr lerobbantása után azonnal kiszabadul, s rögtön kinyílik a beépített ejtőernyő. (*L. könyvünk borítólapját.*) Így ereszkednek a bennülők 5000 m magasságig, ahol már a légritkaság és az oxigénhiány nem veszélyes az életműködésre, majd lekapcsolják a kabintetőt s egyenként kiugranak. A törzsorr ugyanis, mint holt tömeg földet érve az aránylag kis, 5—7 m/sec ejtőernyő-süllyedési sebességnél is feltétlenül összenyomódik, s a bennülők sérülést szenvednek, a mozgékony ember viszont jobban kivédheti az ütdést.

Bizonyára kevesen cserélnének azokkal az emberekkel, akik ilyen helyzetbe kerülnek. Még akkor sem, ha csak az előző megoldás robbanó-lökését tekintjük, mert az is igen tekintélyes igénybevétel. Hogy képet kapjunk a repítő-erő nagyságáról, elég a következő megtörtént eset:

Az egyik nagysebességű gép kipróbálása közben kormányozhatatlanná vált egészen kis magasságban. Pilótájának csak a lezuhanást megelőző pillanatban sikerült kirobbantania magát a gép kabinjából, a következő pillanatban a becsapódó repülőgép óriási dörrenéssel millió darabra fröccsent. A pilóta a kirobbantás után 70 m magasságba került, majd ejtőernyőt nyitott és életben maradt.

Sokan elképzelhetetlennek tartják, hogy ilyen is lehetséges. Senki nem állítja viszont, hogy gyakorlattá váltak volna az ehhez hasonló esetek. Érdekes és szerencsés ugrások ugyan nem válhatnak gyakorlattá, de mégis előfordulnak. Nem annyira a szerencsén, mint inkább azon múlnak, hogy tökéletes ejtőernyők és felszerelések állnak a pilóták rendelkezésére.

Ilyen volt az egyik magyar vitorlázórepülő esete is, ami az ejtőernyő működésének legkisebb magasságát bizonyítja. Nehéz volna megmondani, mi volt az oka, hogy a vitorlázógép a vontató motoros mögött ugrándozásba kezdett a föld fölött 30 m-en. Valószínű, hogy ez durva és hirtelen magassági kormánymozdulatok következtében történt. A rosszul beszájazott pilóta úgyszólván kirepült a vitorlázógép üléséből. Szerencsére nem kézi-kioldású ernyő volt a hátán, mert bizonyára a meglepetéstől nem tudta volna működésbe hozni.

Az ülésbe kötött nyitózsínór azonban a balszerencsés pilóta távolodásával megfeszült és kibontotta az ejtőernyőt. Mire felocsúdott, már a földön is volt — sértetlenül.

A BÁTRAK SPORTJA

A szerencsés véletlenek nem lehetnek egyetlen sportnak sem alapjai, így az ejtőernyős sporté sem. Tökéletes testi és szellemi felkészültség, jól működő, biztonságos ejtőernyő — ez a bátrak sportjának záloga. Mert 13 000 méterről majd 3 percig szabadon zuhanni és a föld felett 4—500 méterre ejtőernyőt nyitni — testben és lélekben egész embert kíván. Zuhanás közben különböző kéz- és lábmozdulatokkal irányítania kell magát az ejtőernyősnek. A kéz és a láb valamiféle segédszárny szerepét tölti be. Nagyszerű fordulatokat, bukfenceket, dugóhúzókat végezhet az ugró szabad zuhanás közben. A kinyílt ejtőernyőt pedig elsodorja a szél, de azért ejtőernyős az ejtőernyős, hogy ne hagyja magát. Ismeri a meteorológiát, tudja az egyes jelenségek okát és így irányítani is tudja az ejtőernyőt, különböző zsinórok meghúzásával, testmozdulatok segítségével, s végül is a célnál ér földet.

Az ejtőernyős versenyeknek is szabályai vannak, még hozzá nagyon érdekes és nehezen teljesíthető szabályai. Ilyen pl. a kombinált ugrás is 1500 m-ről. A gép elhagyása után 2 mp-re már stabil zuhanási helyzetet kell felvenni az ugrónak (fejjel lefelé). Majd egy teljes jobb és bal 360°-os fordulót végez. utána újból zuhanás és pontosan 20 mp után ejtőernyőt nyit. De annak tényleg 20 mp-nek kell lennie, mert a versenybíróság távcsövei mindent észrevesznek és a pontozóceruza nagyon vastagon fog. Persze az ejtőernyő nyitása mégcsak az egyik fele a versenyszámnak, ugyanis úgy kell irányítani a ugrónak ejtőernyőjét, hogy lehetőleg a legközelebb érjen a célhoz, amit szintén nagyon pontosan megmérnek.

Ez az ejtőernyős sport! Bátorság kell hozzá? Bizonyára kell, mert különben nem neveznék a „bátrak sportjának”.

GYORSABBAN, MAGASABBRA, MESSZEBB

Hogy a repülés fejlődése rövid fél évszázad alatt milyen magasra ívelt, ezt nagyon sokféle szempontból meg lehet vizsgálítani. De mindennél ékeesebben a száraz, tárgyilagos számok mondják el a repülés történetét. Azok a számok, amelyeket a mi korunk *rekordként* ismer.

A repülést jellemző legfontosabb adatnak általában az elért legnagyobb sebességet tekintjük. Ez érthető is, hiszen a repülőgép a sebességi közlekedés eszköze. De szögezzük le rögtön, hogy a sebesség adata önmagában nem sokat mond. Tudnunk kell, hogy a sebességet milyen nagyságú, terhelésű, erejű stb. gép érte el.

A tárgyilagos összehasonlítás érdekében ezért különböző kategóriákat állítanak fel, s ezekben külön-külön értékelik a rekordokat. Hogy valamennyi kategória-rekordot ismertessünk a következőben, erre természetesen nincsen lehetőség, csupán az *abszolút*, a körülményektől függetlenül értékelt adatokat mutatjuk be.

A *Wright-testvérek* kétfedelűje 1903. december 17-én az amerikai Kitty-Hawk-ban 12 LE-s, 110 kg súlyú motorjával 16 mp alatt 260 m-nyi utat tett meg. Ez kereken 60 km/ó-s sebességet jelent. Erről az első, mért idejű repülésről azonban nem mondhatjuk, hogy rekord, noha kétségtelenül az egyik legjelentősebb eredmény a repülés történetében: az első lépés. A rekordokat azonban csak attól számítják, amikortól a

Nemzetközi Repülő Szövetség (FAI = *Fédération Aéronautique Internationale*) hivatalos biztosai hitelesítették.

A repülés hőskorában 100 m-nél nem magasabban kellett a kijelölt távolságot végigrepülni. A táv végeit oszlopok jelezték. Az időt stopperórával, zászlójelre mérték, akárcsak valami futóversenyen.

Időrendi sorrendben az eredmények a következőképpen alakultak:

1906. nov. 12.	Santos Dumont	saját gépén	50 LE-vel	41 km/ó
1907. okt. 26.	Henri Farman	Voisin gépén	50 LE-vel	52 km/ó
1909. aug. 28.	Blériot	saját gépén	25 LE-vel	76 km/ó
1910. okt. 26.	Leblanc	Blériot gépén	50 LE-vel	109 km/ó
1911. jún. 21.	Nieuport	saját gépén	100 LE-vel	133 km/ó
1912. szept. 9.	Védrines	Deperdussin	140 LE-vel	174 km/ó
1913. szept. 29.	Prévost	Deperdussin	160 LE-vel	203 km/ó

A világháború éveiben hivatalosan nem növekedett a sebesség, minthogy a FAI hadban álló pilóták által elért rekordokat nem hitelesít. Annál inkább növekedett azonban a valóságban: jól bizonyítja ezt a háború utáni évek rekordsorozata:

1920. dec. 12.	Sadi-Lecointe	N. Delage-gép	300 LE	313 km/ó
1921. szept. 26.	Sadi-Lecointe	N. Delage-gép	300 LE	330 km/ó
1922. okt. 13.	Mitchell (USA)	Curtiss-gép	375 LE	358 km/ó
1923. nov. 4.	Williams (USA)	Curtiss-gép	600 LE	429 km/ó
1924. dec. 11.	Bonnet (Fr.)	Ferbois-gép	450 LE	448 km/ó

Ebben az időben a gépeknek már háromszor kellett odavissza, leszállás nélkül, a kijelölt 3 km-es bázist (alapot) a talajtól 100, a tengerszintnél 300 m-nél nem nagyobb magasságban végigrepülniük.

Az akkori repülőterekhez képest rendkívül nagysebességű gépek az abban az időben még ismeretlen leszállóberendezések — féklap stb. — híján rendkívül nehezen tudtak csak leszállni. A teljesítmény növelése viszont további motorsúlyt, s a leszállósebesség további növekedését jelentette. Franciaországban ebben az időben tűzték ki ismét a vízirepülőgépek sebességi versenyét, a *Schneider-kupát*. Minthogy a vízirepülőgépeknél a repülőtér szinte határtalan, így lehetőség nyílt nagyobb motorsúlyú, nagy leszállósebességű

gépek építésére. Vegyük majd szemügyre a következő adat-összeállításban a lóerőteljesítményt is.

A következő 6 rekordot vízirepülőgép érte el:

1927. nov. 4. Bernardi (olasz) Macchi-52 gép 800 LE 429 km/ó

1928. márc. 30. Bernardi (olasz) Macchi-52 gép 800 LE 512 km/ó

1929. szept. 12. Orlebar (angol) Supermarine-6

1900 LE 575 km/ó

1931. szept. 29. Stainforth (angol) Supermarine-6-B

2600 LE 655 km/ó

1933. ápr. 10. Agello (olasz) Macchi-72 2500 LE 682 km/ó

1934. okt. 23. Agello (olasz) Macchi-72-S 3100 LE 709 km/ó

Az utolsó gép motorteljesítménye még mai szemmel nézve is óriási. Ezután újra a könnyebb, úszótalpak nélküli, kis légellenállású szárazföldi gépek kerültek az érdeklődés középpontjába.

A sebesség növelésének következő nagy állomása:

1939. ápr. 26. Wendel (német) Messerschmitt 109-R 1000 LE

755 km/ó

A sebesség tehát az erősen csökkent lóerő-teljesítmény ellenére is növekedett. Ez azonban csak a „hivatalos” világ-rekord, mert a „háttérben” már feltűntek a gázsugarhajtású repülőgépek is, s ugyanebben az időben a Heinkel—178 gázsugarhajtású gép szigorúan titokban 850 km/ó-s sebességet ért el.

A második világháborúban ismét nem hitelesítették a rekordokat. A háború befejeztével azonban egyre nagyobb számban épültek a gázsugarhajtású repülőgépek, s rövidesen újabb rekordok születtek:

1945. nov. 7. Wilson (angol) Meteor—4 géppel 975 km/ó

1946. szept. 7. Donaldson (angol) Meteor-4 géppel 991 km/ó

1947. aug. 25. Carl (USA) D—558—I géppel 1047 km/ó

1948. szept. 15. Johnson (USA)

Sabre F—86—A géppel 1079 km/ó

1952. nov. 19. Nash (USA) Sabre F—86—D géppel 1124 km/ó

1953. júl. 16. Barns (USA) Sabre F—86—D géppel 1151 km/ó

1953. szept. 7. Duke (angol) Hunter-géppel 1171 km/ó

1953. szept. 28. Lithgow (angol) Swift-géppel 1186 km/ó

1953. okt. 30. Verdin (USA) F—4—D Skyray-géppel 1212 km/ó

Az utolsó rekord érte el hivatalosan a hangsebességet, noha ezt korábban, nem hivatalosan, anyagép alól, tehát nem önerejéből felszálló, s nagy magasságban repülő rakétagéppel, az X—1-gyel már 1948-ban elérték. Hivatalosan csak 1947-ben szárnyaltuk túl a „bűvös” 1000 km-t is, noha a második világháborúban használt Messerschmitt—163 rakétavadászgép már 1945-ben repült 1000 km/ó-s sebességgel.

A következő rekordot: 1955. aug. 20-án egy F—100 Super Sabre állította fel 1323 km/ó-s sebességgel.

Ebben az időben azonban a *FAI* már megváltoztatta a rekordrepülés feltételeit és előírásait. Már nem 100 m-es magasságban kellett végigrepülni a bázist, hanem 15 km-es magasságban, s a táv berepülését időmérő stopperóra helyett bonyolult mérőműszerekkel ellenőrizték.

A rekordrepülési magasság áthelyezése hozta azután magával, hogy ugyanaz az F—100 Super Sabre-gép, amely a földközelsben 1220 km/ó-s sebességet ért el (ezt az eredményt azért nem hitelesítették, mert nem szárnyalta túl több mint 1%-kal a korábbi 1212 km/ó-s világrekordot), 15 km magasságban kereken 100 km/ó-val „gyorsabb” lett.

A jelenlegi hivatalos világrekordot 1956. március 10-én az angol *Twiss* állította fel *Fairey Delta—II* típusú gépén nagy magasságban repülve 1822 km/ó-val. A nem maguk erejéből induló rakétagépekkel már 3400 km/ó-t is elérték, a pilótanélküli rakéták sebessége pedig már 14 500 km/ó körül jár, de természetesen nagy magasságban, ahol a légellenállás már jelentéktelen.

A repülés hőskorában nem a sebességi rekordokat mérték először, hanem a távolsági csúcsteljesítményeket. Manapság ezeknek a rekordoknak már nincs nagy jelentőségük, hiszen a levegőben való üzemanyagfelvétellel egész repülőrajok kerültek meg már a Földet. Üzemanyagfelvétel nélkül egy kétmotoros tengerészeti felderítő, a *Lockheed Neptun* jutott a legmesszebbre. 18 650 km-re. Igen jellemző, hogy ennek az 1949-ben felállított rekordnak megdöntésére senki sem törekszik.

Lényegében erre a sorsra jutottak az időtartamrekordok is. Ezeket ugyan ma már nem is nagyon tartják nyilván, hiszen nincsen gyakorlati jelentőségük. Mégis említsünk meg egy érdekes teljesítményt ezen a területen: földről, gép-

kocsiról való tankolással, kis sportrepülőgéppel két pilóta 6 hétig és 14 percig maradt a levegőben. Ez a teljesítmény a motorgyár munkáját és a pilóták kitartását dicséri.

Érdekes még végigtekinteni a magassági rekordok alakulásán is. Elöljáróban jegyezzük meg azonban, hogy a nem önerejűkből, bombázógépek alól nagy magasságból induló rakétagépek már a 38,5 km-es magasságot is elérték, s ezek az eredmények azonban az ismert okok miatt nem hitelesíthetők.

1909. dec. 1. Latham (francia)			
	Antoinette géppel,	50 LE	453 m
1910. dec. 8. Legagneux (francia)			
	Blériot géppel,	50 LE	3 100 m
1911. szept. 4. Garros (francia)			
	Blériot géppel,	100 LE	3 910 m
1912. dec. 11. Garros (francia)			
	Morane-S. géppel,	100 LE	5 610 m
1913. dec. 28. Legagneux (francia)			
	Blériot géppel,	80 LE	6 120 m

Az első világháború után következőképpen alakultak az eredmények:

1920. febr. 27. Schröder (USA)			
	Lepère géppel,	400 LE	10 093 m
1921. szept. 18. McCready (USA)			
	Lepère géppel,	400 LE	10 518 m
1923. okt. 30. Sadi-Lecointe (francia)			
	Nieuport géppel,	400 LE	11 145 m
1927. júl. 25. Champion (USA)			
	Wright géppel,	425 LE	11 710 m
1929. máj. 26. Neuenhofen (német)			
	Ju. W. 34 géppel,	420 LE	12 739 m
1930. jún. 4. Soucek (USA)			
	Wright géppel,	450 LE	13 157 m
1932. szept. 16. Uwins (angol)			
	Vickers géppel,	550 LE	13 404 m
1933. szept. 28. Lemoine (francia)			
	Potez—52 géppel,	870 LE	13 661 m
1934. ápr. 11. Donati (olasz)			
	Caproni—161 géppel,	600 LE	14 433 m

1936. szept. 28. Swain (angol)
Bristol—138 géppel, 490 LE 15 223 m
1937. jún. 30. Adam (angol)
Bristol—138A géppel, 490 LE 16 440 m
1938. okt. 22. Pezzi (olasz)
Caproni—161 géppel, 1000 LE 17 083 m
- A második világháború után már a gázsugárhajtású gépek következtek:
1948. márc. 23. Cunningham (angol)
DH—Vampire géppel, 2250 kg tolóerő 18 119 m
1953. máj. 4. Gibb (angol)
Canberra géppel, 2×4400 kg tolóerő 19 406 m
1954. jún. Gibb (angol)
Canberra géppel, 2×5200 kg tolóerő 20 875 m

A magassági rekordokat tehát szívós munkával, magassági motorok és sárkányok kifejlesztésével, fokozatosan növelték. Mint látjuk, a gázsugárhajtású gépek megjelenése sem hozott ugrásszerű változást, s ezen a területen különösebb eredményeket már nem is várhatunk.

Nem volna teljes a képünk, ha nem emlékeznénk meg a motor nélküli vitorlázógépek érdekes teljesítményeiről:

Időtartam: Atjer (francia) 1954. febr. 4. 56 óra 15 perc.

Távolság: Jobusan (USA) 1952. aug. 5. 861 km.

Céltáv: Fonteilles (francia) 1956. máj. 13. 677 km, a repülés célját a pilóta előre bejelentette.

Magasság: Ivans (USA) 1952. dec. 30. 12 832 m.

Sebesség: előre megadott, 100 km hosszúságú szakaszon, Vojnar (lengyel) 92 km/ó.

Természetesen sok mindenről nem tehattünk említést e rövid felsorolásban. Nem beszéltünk a teherbírás, a megbízhatóság, a helikopterek stb. rekordjairól, de mentse ezt a hiányosságot az a tény, hogy a Nemzetközi Repülő Szövetség rekordlistája egymaga kitesz egy vaskos könyvet. Az itt felsoroltak is elegendők azonban arra, hogy minden szónál ékebben mérőöldköveit adják a repülés szédületes fejlődésének.

KÖZLEKEDÉS A LEVEGŐ ORSZÁGÚTJAIN

Noha a repülés megvalósítása iránti törekvés évezredekre tekinthet vissza, a repülés „életképes” voltát mégis csupán az első világháború bizonyította be. Az 1918-ban levegőbe emelkedő gépek joggal számíthattak arra, hogy őket is „felveszik” a közlekedési eszközök közé, hiszen a repülőgépek már számtalan légicsatában bebizonyították alkalmazhatóságukat, számtalanszor szállítottak több mázsás terheket, végeztek hajmeresztő mutatványokat — s mindannyiszor gyorsabbnak bizonyultak, mint földi testvéreik, a vonat, a hajó vagy gépkocsi.

De mégsem a repülőgépek alkalmazhatósága teremtette meg a légiforgalmat, hanem azok a repülők, akik a háború alatt — sokszor félelmüket leküzdve — megismerték a repülés szépségeit, megszerették a repülést. Természetesen tovább is szerettek volna repülni, de arra, hogy saját gépet vásároljanak, legtöbbször nem is gondolhattak. Ekkor vetették fel közülük az élelmesebbek a légiközlekedés, a légiszállítás megvalósításának gondolatát. Ezután már csak kitartó rábeszélés kellett, hogy pénzembereket is megnyerjenek az újszerű, gyors szállítóeszköz gondolatának.

Akkoriban azonban a repüléstől való idegenkedés még olyan nagyfokú volt az emberekben, hogy az utasszállítás gondolatát a legmerészebb üzletemberek is túlzottnak tartották. Kínálkozott azonban egy másik lehetőség is, a soha sem elég gyors postai szállítás.

Az első polgári, „üzletszerű” repüléseket így postaküldemények szállítására használták fel. Nem telt el azonban egy év sem, a repülőgép már „kinőtt” a postás szerepéből, s megkezdte az utasok és teherárak szállítását is. Egész sereg polgári légiforgalmi vállalat alakult, ezek azonban rendre megbuktak, mert a légiforgalom nem bizonyult jövedelmezőnek. A magánvállalkozások helyét mindenütt — az USA-t kivéve — állami vagy államilag támogatott vállalatok foglalták el. Lényegében ebben az időszakban indult meg a komoly légiforgalom. Az államilag támogatott vállalatok már arra is gondolhattak, hogy a háború alatt kifejlesztett — és ugyancsak államilag támogatott — repülőgépgyáraktól olyan repülőgépeket rendeljenek, amelyeket kifejezetten polgári légiforgalmi célokra építettek.

Az első időkben ugyanis a légiforgalmat katonai vagy legjobb esetben is csak átalakított katonai repülőgépekkel bonyolították le. Minthogy minden gép — legyen az esztergapad, mozdony vagy repülőgép — eredeti céljának felel meg a legjobban — természetes, hogy az ilyen utasszállításra tervezett gépeknek behozhatatlan előnyük volt a kiöregedett felderítőkkel és bombázókkal szemben. Tulajdonképpen e gépek megjelenésétől számíthatjuk a légiközlekedés kezdetét. A gépek zöme ezidőtájt egymotoros volt, s a pilótán kívül 4—10 utast szállítottak. A motorok üzembiztonsága nem volt kifogástalan, s emiatt számos esetben fordult elő kényszerleszállás.

MAGASABBRA IS, ALACSONYABBRA IS — DE HOGYAN?

A kényszerleszállás végrehajtását nagyban befolyásolja a repülési magasság. A motor nélkül, gyorsan merülve sikló gép pilótájának nagyobb magasságból több lehetősége van a kényszerleszálláshoz alkalmasabb terület kiválasztására és elérésére. A megoldás ilyen esetekben tehát az, hogy a gépek minél nagyobb magasságban repüljenek a talaj felett. Így azonban egyre közelebb kerülnek a tájékozódást nehezítő felhőzethez, amely a mi éghajlatunk alatt általában 500—1500 méter talajszint feletti magasságban kezdődik.

Hogy a felhőbe se kelljen emelkedni, de a motorhiba

esetében előforduló kényszerleszállást se kelljen kockáztatni, célszerű a motorok számát is növelni; kettőre, háromra vagy még többre is. A motorok számának növelése azonban nemcsak a biztonságot, hanem a gép súlyát, sárkányszerkezetét is növeli. Így növekedett azután a légiforgalomban részt vevő gépek nagysága, sőt rövidesen megjelentek a mammut-gépek is.

Noha kényszerleszálláskor a több motor valóban nagyobb biztonságot nyújt, nem oldja meg a rendkívül alacsony, a hegycsúcsait is elérő felhőzet esetében a forgalmi repülőktől tájékozódási problémáit. Köztudomású ugyanis, hogy a látást, a látóhatárt veszített pilóta gépének helyzetét nem bízhatja egyensúlyszervének megítélésére, mert arra repülés közben nemcsak a függőleget biztosító gravitáció, hanem a repülés közben fellépő egyéb erők (centrifugális erő, gyorsulások stb.) is hatnak, így hamis irányban befolyásolják.

Ilyenformán a forgalmi repülőgépek — még a többmotorosok is — a földön vesztegeltek, ha a felhőzet túlságosan alacsonyra ereszkedett. A mindennapos időjárási helyzetek által is vesztegelésre kárhoztatott repülőgép természetesen nem lehet versenytársa a még rendkívüli viszonyok között is „forgalomképes” földi járműveknek. Tudták ezt a légiközlekedés szervezői is, s egymás után adták a megbízásokat „vakrepülő” műszerek tervezésére.

De a repülést addig is folytatni kellett, amíg a műszerek elkészültek. Különösen a postagépeknek volt szükségük valamilyen „vezérsugárra”, mert ezek főként éjjel közlekedtek, hogy a napközben feladott küldemények másnapra már a címzeteknél lehessenek.

Éjjel többé-kevésbé lehet tájékozódni, ha derült az égbolt. Ha meg holdvilág van, a repülés nem is sokkal nehezebb, mint nappal. Borult, párás éjszakákon azonban feltétlenül szükség van valamilyen földi támpontra is. Ezt eleinte a repülőterek, később pedig a légiútvonalak közelébe telepített óriás-fényszórók adták meg. Az ebben az időben legfejlettebb francia postarepülés a Franciaországból az afrikai francia birtokokra vezető vonalakat 10—20 km-enként elhelyezett, nagy fényerejű reflektorokkal jelölte ki. De ha leszállt a köd, vagy alacsonyra ereszkedett a felhőzet, a lep-

lező fátyollal a több ezer gyertyafényű reflektorok sem birkozhattak meg. Úgy látszott, hogy a repülés fejlődésének a tájékozódás korlátai szabnak határt.

ÚJ IRÁNYTŰK ÉS A TÖBBIEK

Csakhamar rájöttek azonban, hogy a pörgettyű, giroszkop alkalmazásával olyan műszereket lehet szerkeszteni, amelyek nagyszerűen alkalmazhatók a repülésben. A pörgettyűnek ugyanis az a tulajdonsága, hogy forgás közben igyekszik megtartani forgásának eredeti síkját. Így a felfüggesztett pörgettyű mindaddig eredeti síkjában pörög, amíg a fordulatszáma nem esik. Az állandó fordulatszám biztosítása azonban már nem probléma a modern technikában.

A pörgettyű alkalmazása révén jöttek létre a repülés kiválóan használható műszerei. Első volt az amerikai *Sperry*-cég által szabadalmazott pörgettyűs helyzetmutató, amelyet a gyártó cégről még ma is *sperry* néven emlegetnek. A *sperry* biztonságosan és pontosan mutatja a repülés irányát, vagy pedig a betartandó irányra való beállítással könnyen ellenőrizhető az attól való esetleges eltérés. A mágneses iránytű alkalmazásával ugyanis sohasem lehetett a gépbe épített acélanyagok eltérítő hatását teljesen kiküszöbölni, a pörgettyűs megoldásnál azonban nem kellett mágneses eltérítéssel számolni.

Ugyancsak giroszkoppal oldották meg a fordulás-mérés problémáját is. A pörgettyűs fordulásmérő segítségével vakon repülve is ellenőrizni lehetett a fordulás mértékét, s időméréssel kombinálva igen pontosan lehetett fordulóba vezetni a gépet. Ennek különösen a vakleszállásban volt igen nagy jelentősége.

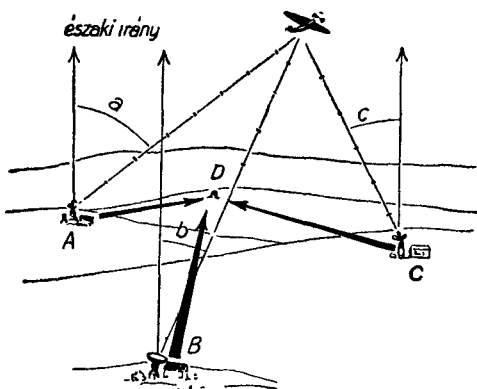
VAK VEZET VILÁGTALANT — RÁDIÓVAL

Ekkor zárkózott fel a biztonságot elősegítő több motor és a repülés mindenkori irányát pontosan mutató pörgettyűs műszerek mellé a helyzetmeghatározást minden időjárási, légköri viszonyok között is tökéletesen végző modern eszköz: a rádió.

A rádiót már hosszabb ideje alkalmazták, mint hírközlő eszközt. Jelentősége így is igen nagy volt, mert módot nyújtott arra, hogy a pilótát tájékoztassa olyan időjárási változásokról, amelyek szükségessé tették a gép visszafordulását, útvonalából való kitérését, új repülőtérré irányítását, vagy a legközelebbi szükségrepülőtérré való sürgős leszállását. Ilyen hírváltási lehetőség hiányában számos gép veszett el.

A jobb vételt biztosító antennák keresése közben jöttek rá a rádiótechnikusok, hogy a vétel akkor a legerősebb, ha az antenna huzala az adóállomás irányára merőleges és lehetőleg vízszintes. Ettől már csak egy lépés volt a karikaalakban meghajlított, síkjával függőlegesen álló, forgatható keretantennáig. Ha a repülőgép előzetes hírváltás után megbeszélte jeleket ad, több ilyen keretantennás iránymérő-állomás mérheti be ugyanabban az időben irányát úgy, hogy addig forgatja keretantennáját, amíg a vételt a legerősebben, illetve a leggyengébben hallja. Az északi irány és a mért irány megadásával, a több — rendszerint három — állomás útvonalainak metszéspontjában van a gép helyzete.

Ezzel a módszerrel az útvonalon repülő gépek részére aránylag gyorsan és kielégítő pontossággal lehet megállapítani a gépek helye-



A földi támaszpontok irányméréseinek vázlatos ábrázolása. A, B, C = mérőállomások, D = kiértékelő állomás, a , b , c = a mérés iránya és az északi irány közötti szögek.

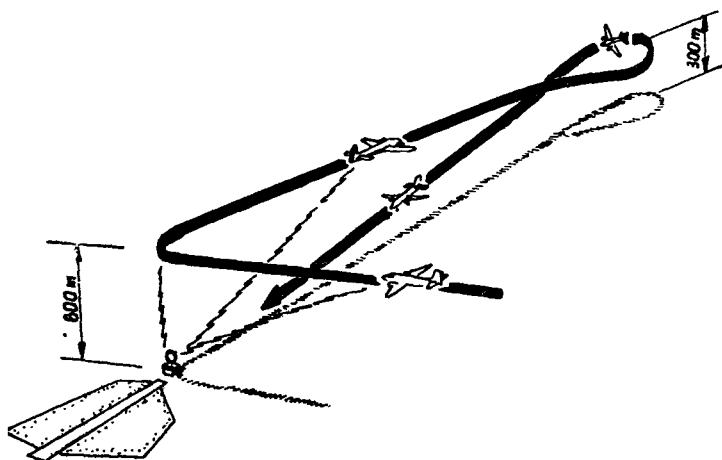
tét. A mérés és hírváltás gyors lebonyolításának érdekében bevezették a rádió-távírók üzeménél a Q-kódexet, amelynek egyes jelei q -val kezdődő három. morzebetűből állanak és sokszor hosszú mondatok értelmét rövidítik le három betűre.

Ezekkel a módszerekkel a repülőgépek már jóformán minden időben irányíthatók voltak, fel-

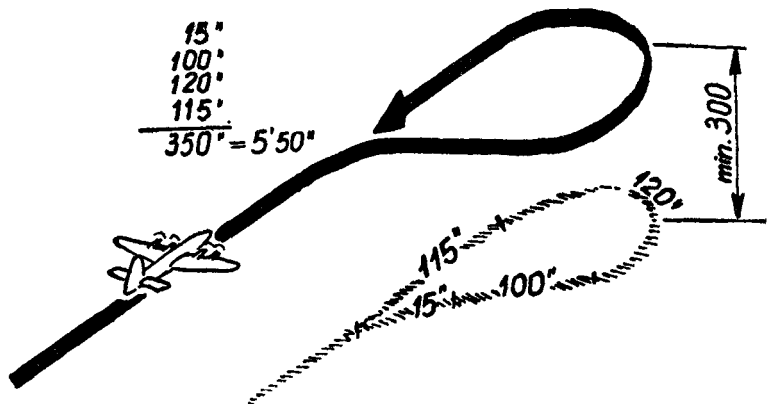
téve, hogy a célrepülőtérre nem borította köd, s a felhőzet is legalább 100 méter magasságban húzódott. Ilyen esetben ugyanis a repülőtér leszállási irányvonalában telepített iránymérő állomás először megadott magasságban magához vezette irányadásokkal (QDM) az útvonalon közeledő repülőgépet, majd közölte vele, hogy a repülőtér fölé (QFG) érkezett.

Ezután a gép ismert, megadott magasságból visszafordult a leszállással ellentétes irányba, s repült mindaddig, amíg a repülőtér feletti magasságát a felére csökkentette. Közben a repülőtéri iránymérő állandóan „hátbamérte”, úgy hogy a kapott mérések (QTE-k) alapján a pilóta biztosan a kirepülési irányvonalon tudott maradni. A félmagasság elérésekor fordulót végzett, s most már visszafelé repült egyenesen süllyedve. Időóráján állandóan ellenőrizte, milyen távol van még a repülőtértől. A repülőtéri iránymérő pedig állandó QDM-ekkel vezette rá a helyes irányra. Így a gép független maradt az esetleges oldalszél eltérítésétől, mert nem iránytűjén követte a leszállás irányát, hanem a földről irányították.

Ha megközelítési iránya és magassága jó volt, az iránymérő állomás ZZ, ha pedig rossz, JJ jelet sugárzott a gépnek.



A repülőtérre megközelítő gép 90 fokos fordulót végez és magasságát csökkentve ismét eltávolodik. Majd 180 fokos fordulót hajt végre és a rádióhullámok irányításával leszáll a gurulópályára.



A rádióval irányított leszállás előtt a szabványos fordulót a pilóta az időóra szerint repüli.

Az első esetben a pilóta a jel vétele után levette a gázt, s több-kevesebb látás mellett leszállt. A másodikban viszont gázt adott, és sürgősen emelkedett az eljárás megismétlésére.

Amellett, hogy ez az eljárás csak akkor tette lehetővé a vakleszállást, ha a repülőtér nem borította köd, volt még egy hátránya is. Az, hogy a repülőtér egyidőben csak egy gép leszállítását végezhetette, s míg a 15—20 perces eljárás le nem zajlott, másik gépet még a repülőtér közelébe sem engedhetett.

Minthogy a repülőtereken, csakúgy mint a pályaudvarokon, az érkezések néhány csúcsforgalmi időszakban a leg-sűrűbbek, megtörtént, hogy a repülőtereken áthidalhatatlan torlódás következett be. Előfordult, hogy az utolsónak érkező gép kénytelen volt más, közeli repülőtéren leszállni, mert már nem bírta a várakozást. Általában azonban a harmincas évek légiforgalmának megfelelt ez az eljárás, s jelentősen elősegítette a forgalom ugrásszerű növekedését. Közben a repülőgépek alakja is megváltozott. A régi, több-fedelű, rácsos szerkezetű gépeket fémből készült, két-három, sőt négymotoros, 10—20 személyes gépek váltották fel. Már szinte kivétel nélkül mind mélyfedelűek voltak, s legtöbbjük a légellenállást csökkentő, behúzható futóművel volt felszerelve. Ebben az időben tervezték az eddig legtöbb péld-

dányban épített utasszállítógépet, a közismert *Douglas DC-3*-at is.

A forgalom intenzitásának és a gépek sebességének növekedése szükségessé tette, hogy a légiforgalom ne a pilóták tetszése szerint bonyolódjék le, hanem valamilyen szerv irányítsa azt. Ez a szerv rendszerint valamelyik nagy repülőtéren kapott helyet, s rádiótávírón irányította a hatáskörében közlekedőket. Megszabta, ki hányadiknak kerül sorra a leszállásnál, ki milyen magasságot használjon stb. E kezdetleges időszakban például a forgalomirányítást hazánkban a budaörsi iránymérő állomás látta el. Nem volt azonban olyan szabályzat, rendszer, amely az irányító józan ítélőképességén kívül más módszerrel is rendezte volna az irányítás módjait.

RÁDIÓ-NYALÁB

Ezidőtájt — a harmincas évek közepén — a légiforgalom „szűk keresztmetszete“ a leszállítás volt. Megoldására egyre-másra születtek különböző eljárások. A legeredményesebb közülük a *Lorenz*-cég által kezdeményezett *Bake*-eljárás volt. (*Bake* németül irányjelt, bóját jelent.)

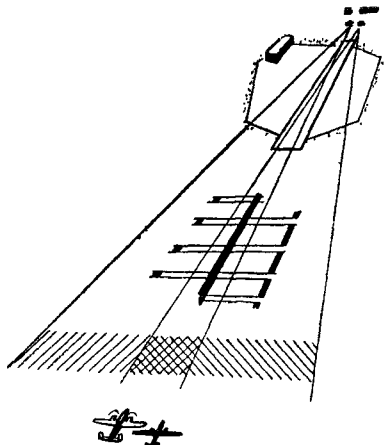
A *Bake* lényegét a rádióhullámoknak egy újabban kikísérletezett tulajdonsága alkotta. Rájöttek ugyanis arra, hogy az igen rövid rádióhullámok parabola-antennarendszerek segítségével nyalábba foghatók és fényszerűen irányíthatók. A repülőterek leszállási oldalával ellentétes végére két ilyen irányítható rádiónyalábot telepítettek, amelyek a megközelítési vonaltól jobbra-balra sugároztak, de úgy, hogy a kúpalakú nyalábok közepén, tehát a leszállás-vonalban összeértek.

A vonaltól balra csak az egyik, jobbra pedig csak a másik adó jeleit foghatta a repülőgép, közepén azonban mindkettőt. Az adók olyan morze-jeleket sugároztak, amelyek egymást kiegészítik, így rendszerint *A*-t és *N*-t (. — —.). A két jel adását egy készülék úgy szinkronizálta, hogy az *A* jeleit az *N* szüneteiben adta. Aki tehát mindkét adót fogta (közepén, a leszállási sávban), összefüggő bűgást hallott. Ha a sávtól jobbra, vagy balra távolodott, kibontakozott az *A*, illetve az *N* betű.

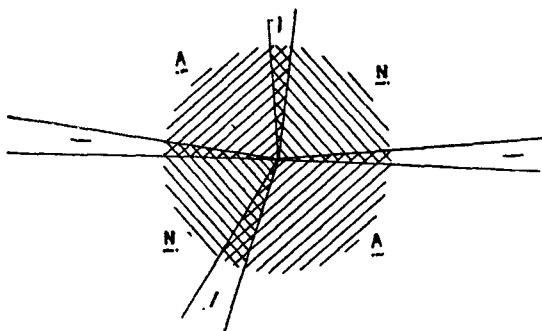
Ezzel a ZZ-eljárást végtelenül leegyszerűsítették, feleslegessé téve az iránymérő állomás, a rádiós és a pilóta közötti idegkimerítő, gyors együttműködést. Ugyanakkor a pilóta műszerfalán még egy mutató is jelezte az esetleges eltérést.

A Bake-nek csupán egy hibája volt: nem adott siklópályát. A pilóta tudta, hogy a megközelítési vonaltól merre van, de azt már nem, hogy a siklópályán helyes magasságban tartózkodik-e, nem repüli-e túl a repülőteret, vagy nem ér-e földet előtte?

Ennek megoldására a repülőtértől 5 km-re, a leszállási vonalban, felfelé



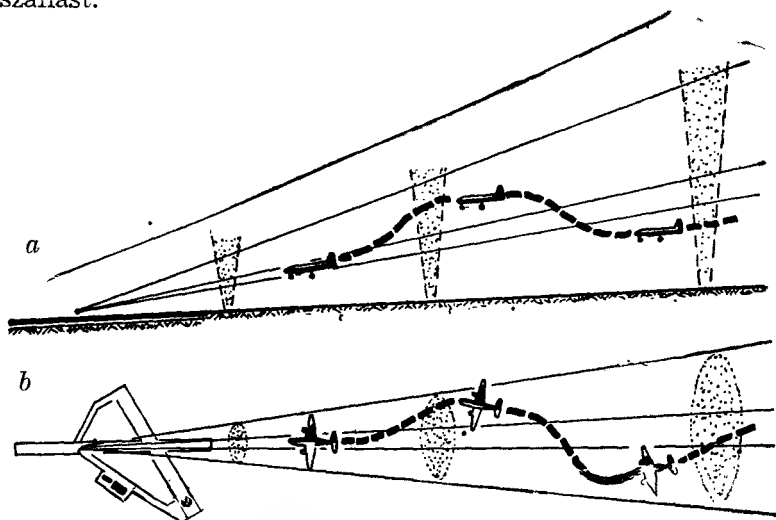
A vakleszállásnál a pilóta úgy irányítja a gépet, hogy fülhallgatójában egyenletesen bűgő hangot halljon. Ha a helyes iránytól jobbra eltér, a repülőtér rádióadókészülékének vonások sugárzó mezejébe, balra való letérés esetén pontokat sugárzó zónájába kerül, úgyhogy az irányt azonnal helyesbíteni tudja.



A repülőtéren elhelyezett rádióadó elektromágneses hullamai négy irányban jelölik ki a kedvezőtlen látási viszonyok között repülő gép útvonalát.

sugárzó állomást telepítettek, amely ugyancsak az igen rövid hullámok parabolás, vagy dipolantennás felfelé irányíthatóságát használta ki. Ha a gép átrepülte ezt a sávot, a műszerfalon piros lámpa gyulladt ki, s megszólalt

egy bűgő, mély hang a hallgatóban. A pilóta természetesen tudta, milyen magasságban kell ezt a jelet átrepülnie, s hogyan kell utána siklania. Az előjelhez hasonlóan, a repülőtér szélétől 50 méterre egy másik, zöld fényt kigyújtó és magas hangot gerjesztő „főjelet” telepítettek. Ennek átrepülése figyelmeztette a pilótát, hogy megkezdheti a leszállást.



Rádióval irányított vakleszállás. A felfelé irányított rádióhullámok a gurulópályától való távolságot mutatják. Az oldalirány betartását az irány sugár teszi lehetővé, a = oldalnézet, b = felülnézet.

Ilyen fejlődési fokon volt a forgalmi repülés, amikor kitört a második világháború. Jól tudjuk, hogy ebben a repülőgépek már nemcsak mint harci eszközök, hanem mint szállítóeszközök is jelentős szerepet kaptak.

MINDENÜTT RADAR

A második világháborúban bevetett nagytömegű szállító gép irányítása és lehetőség szerint minden időben történő alkalmazása két fontos eredményt hozott. Az egyik az, hogy a transzocéáni forgalom mindennapossá vált. A háború előtti, vízigépekkel lebonyolított, többször megszakított re-

pülésekkel szemben az óceánokat menetrend szerint repülték át a négymotoros, szárazföldi szállítógépek. Ugyanakkor megszületett a forgalomirányításnak az a formája, amelyet később az ENSZ mellett létrehívott repülőszervezet, az ICAO is elfogadott és magáévá tett.

A másik eredmény a radar alkalmazásba vétele volt. Legtöbben tudják, hogy a radar vagy rádiólokátor (RADAR = RADio Detecting And Ranging, rádiós helyzet- és távolságmegállapítás) az ultrarövid hullámoknak arra a tulajdonságára épül, hogy egyrészt fényszerűen irányíthatók, másrészt az útjukba kerülő testekről visszaverődnek. Eszerint tehát a földi radarállomások — figyelembe véve a rádióhullámok 300 millió m/sec. terjedési sebességét — a kibocsátott és visszavert hullámok visszaérkezési idejéből megállapíthatták a „megfogott” repülőgép távolságát, sőt az antennák irányából háromszögelés segítségével a repülőgép irányát, földön mért távolságát és magasságát is. Mindez természetesen olyan elektronikus műszerek segítségével történt, amelyek a másodperc milliomodrészét már értékelték.

Kifejlesztették a légtérelellenőrző radarokat, amelyek különböző mozgásokat végezve letapogatták az egész égboltot és katódsugárcső-ernyőjükre rajzolt térképen fényjellel villantották fel a repülőgépek térképszerinti helyzetét. De alkalmaztak leszállító radarokat is, amelyek ernyőjén a repülőtér környéke látszott, s amelyen a gépeket az irányító egyidőben szemmel tarthatta, s egyszerű rádiótelefon útján „lebeszélhette”, utasításokkal láthatta el a leszállásra vonatkozóan. Ebből az eljárásból fejlődött ki a ma már világszerte használt GCA (Ground Controlled Approach = földről irányított megközelítés) eljárás.

De a repülőgépek fedélzetére is szereltek radarkészülékeket. Egyrészt éjjel használták ezeket ellenséges gépek megkeresésére, másrészt pedig „feltérképezték” velük a támadó gépek alatt elhúzódó területeket.

Számtalan egyéb eljárást is kidolgoztak, amelyek ezeknek a műszereknek a kombinációi voltak. A gépeken levő radar-adók jeleit például földi adók visszaismételték, így a gép megtudta a földi céljától való távolságát, a két szárnyvégen elhelyezett adók jeleinek időkülönbségéből megállapították a földi visszaismétlőhöz viszonyított irányt. A földön

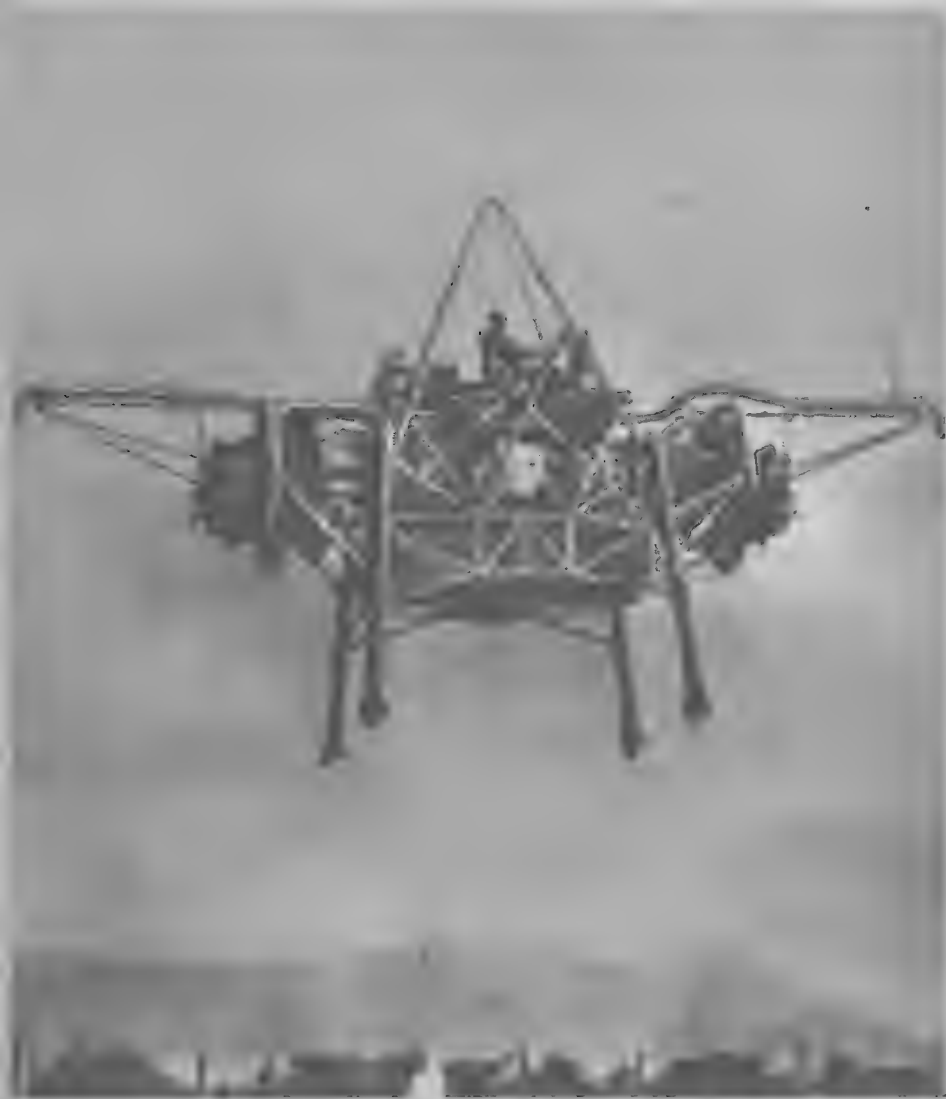
A francia „Mamba” légszűrővel rendelkező és a francia repülőgépekkel együtt a francia repülőgépek gázturbinás reaktív erejével emelkedik a magasba. Felvételünk az 1957. évi 22. párral nemzetközileg repülési kísérleten

1957. évi 22. párral



1600 lóerős angol „Mamba” légszűrővel rendelkező gázturbina. A gázturbinának a kompresszorral közös tengelyre szerelt lapátkereke van. Baloldalt a hűtőközpontú kompresszor, jobboldalt az egyfokozatú turbina.





Két Rolls Royce gázturbinás sugárhajtóműve ugyancsak a gázsugár reakatív erejével emeli fel ezt a szerkezetet. Ebből szándékoznak kifejleszteni a gyűrűsszárnyú repülőgépet, a „Koleopterí”, amely függőleges irányú fel- és le szállást végez, vízszintes repülésben pedig igen nagy sebességet ér el.



Hiller „repülő dobogó”-ja. A dobogóban két ellentétes irányban forgó, hűtőnemeses elrendezésű kezeliállás légesavar van elhelyezve. A szerkezetet a pilóta testsúlyának áthelyezésével kormányozza

A Goodyear gyártmányú „gumirepülőgép” előlnézetben,
oldalról és hátulnézetben. A gumibunkolat sűrített levegővel
néhány perc alatt felfújható





A „gumitrepülőgép” burkolatát és motorját egy kis tárgycsón lehet szállítani.



A két légszávares gázturbinával felszerelt Concaln XFY-1 „Pogo”

szállása

Az amerikai Concaln XFY-1 repülőgépet a világ leghíresebb repülőgépjeinek egyikeként tartják számon. A gép a levegőben a víz alatt is képes manőverezni. A gép a levegőben a víz alatt is képes manőverezni. A gép a levegőben a víz alatt is képes manőverezni.





Nagysebességű gázturbinás, légsaváros repülőgép indítása. A gép a forán elhelyezett állványról függőlegesen száll fel és vízszintes repülésben igen tekintélyes sebességet ér el. Két ellentétes irányban forgó légsavarja van



Készülődés az ugrásra

Fejest ugrik az ejtőernyős a tátongó mélységbe





2. A person in a flight suit and helmet is lying on their back on a grassy field. The person's arms are outstretched, and their legs are slightly bent. A small, dark rectangular object, possibly a camera or a small bag, is on the ground near their feet. The background is a blurred, open field with some distant structures or trees. The image has a grainy, high-contrast quality.

3. A person in a flight suit and helmet is lying on their back on a grassy field. The person's arms are outstretched, and their legs are slightly bent. A small, dark rectangular object, possibly a camera or a small bag, is on the ground near their feet. The background is a blurred, open field with some distant structures or trees. The image has a grainy, high-contrast quality.

Közvetlenül az ernyő
szelvényének mögött



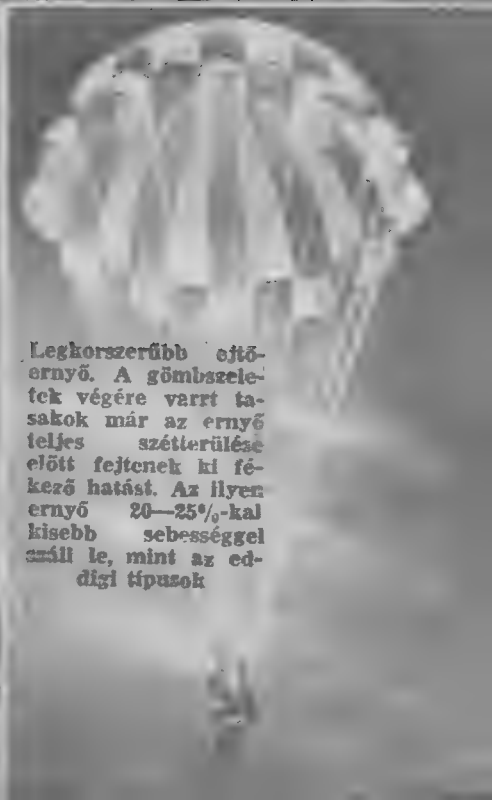


**Az ernyő szétterült. Az
ugró biztonságosan lebeg
a selyemkupola alatt**





Legújabb típusú
gömbszelekt
szélterelő
paraszó



Legkorszerűbb ejtő-
ernyő. A gömbszele-
tek végére varrt ta-
sakok már az ernyő
teljes szétterülése
előtt fejtenek ki fé-
kező hatást. Az ilyen
ernyő 20—25%-kal
kisebb sebességgel
száll le, mint az ed-
digli típusok



Repülőgépek vaklevezetését irányító rádióberendezés egy anyahajó
fedélzetén

A New York-i Hildewild repülőtér forgalomirányító tornya





Többmotoros repülőgép
pilotafülkéje a műszer-
falakkal. A legutóbbi
időben az az irányzat
érvényesül, hogy a mű-
szerfalat egyszerűsítsék
és egységesítsék



Egy utasszállító gép le-
szállási engedélyre vár-
va köröz a kivilágított
repülőtér felett



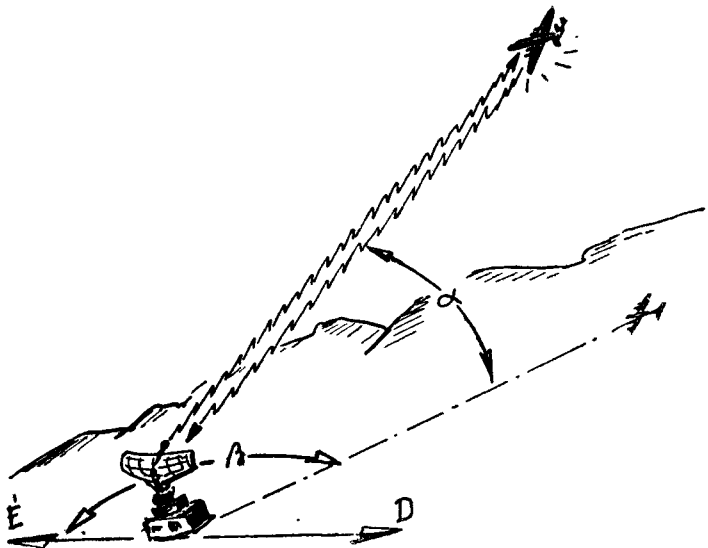


**Üzemanyagfelvétel a levegőben. Hatalmas teljesítményű szivattyúkkal
percek alatt több tízezer liter tüzelőanyagot lehet egyik gépből a másikba
átjuttatni!**

**A tankrepülőgép farából a tank-
mester irányítja az egész műve-
let menetét**

**Amerre a szem csak ellát, zárt
felhőtakaró borítja a földet.
Ilyenkor csak a vakrepülési mű-
szakosokkal és navigációs eljárás-
okkal lehet az irányt betartani!**



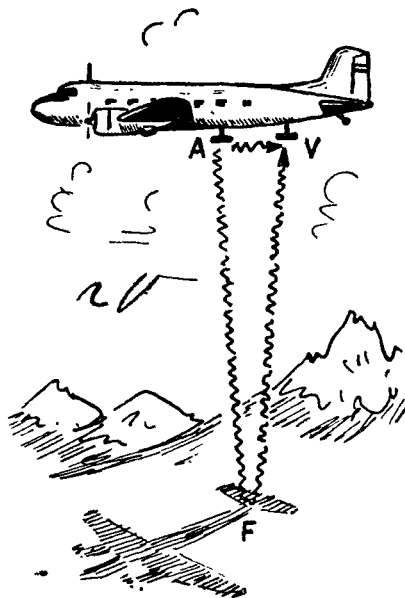


A radarral pontosan meg lehet állapítani a repülőgép helyzetét a térben. Az adókészülék antennájával kisugárzott elektromágneses hullámok a repülőgépről visszaverődnek. A kisugárzás és az elektromágneses hullámok visszaérkezése között eltelt, rendkívül rövid idő megmérésevel, a repülőgép távolsága is meghatározható.

telepített körforgó-radarok bemérték a gépeket, s önműködően közölték velük a távolságot és irányt stb.

A radarok mellett azonban jelentősen fejlődtek az egyéb műszerek is. Megszületett a rádió-magasságmérő, amely lényegében kis radar volt. Az egyik szárnyvég alatt elhelyezett adója egyrészt a föld, másrészt a másik szárnyvég alatt elhelyezett vevő felé sugárzott jeleket. A vevő és az adó közötti ismert távolság, valamint az ismeretlen távolságú földről visszaverődő hullámok beérkezési idejének különbségét a műszer önműködően értékelte, s a műszerfalán már a földtől mért távolságot mutatta. A korábban használt barometrikus magasságmérővel szemben ez nagy előnyt jelentett, mert az a légnyomásváltozástól is függött, azonkívül pedig nem a gép alatt levő terepalakzatoktól mért távolságot, hanem az indulási vagy érkezési repülőtér feletti magasságot mutatta.

Továbbfejlesztették a *Bake*-eljárást is és *ILS* (műszer-



Magasságmérés rádióval. A gép adó-készüléke lefelé irányított rádió-hullámokat sugároz ki, amelyek a talajon visszaverődve eléri a gép vevőkészülékét. Az adás és a vétel között eltelt végtelenül rövid idő megméréseivel pontosan megállapítható a gép talaj feletti magassága.

Automatizálták az iránymérős bemérést is. A gépeken állandó keretantennás iránymérőket kezdtek használni, amelyek a gép hossz tengelye és a behangolt állomás közötti irányszöget körtárcsa alakú műszeren mutatóval jelezték. Ennek a műszernek a neve *rádiókompassz*. Egyszerűbb változatban csak úgy lehet használni, ha a gép a kiválasztott állomás felé repül, a függőleges mutató jelzi az iránytól való eltérést. Ez az irányrepülő-készülék. A mutatók értéken-maradását az magyarázza, hogy a gyorsan forgó keret-antenna olyan sűrű időközben küldi jeleit a műszer felé, hogy a mutató tehetetlensége folytán nem tud visszatérni a mutatott értékről.

leszálló eljárás) néven vették be. Az ILS-nek már három jeladója volt, az ismert kettőn kívül egy harmadik, a repülőtértől 500 méterre telepített középjel is. De ami fontosabb ennél, az oldal-eltéréshez hasonlóan, most már sikló pályát is tudtak sugározni a gép részére. A jeleket már nem füllel, hanem műszerrel fogták fel, s a gépben egy függőleges, meg egy vízszintes, keresztalakban elhelyezett mutatópárra vitték át. A pilóta akkor közelítette meg helyes irányban és siklószögben a repülőtérre, ha a mutatók közepén, keresztállásban voltak. Ha eltértek, a géppel kellett „visszakormányozni” őket. Ez az eljárás ma a legelterjedtebb a gépek vakleszállítására.

Legújabbban vakleszállás a *Bell Aircraft Corporation* berendezésével teljesen automatikusan megy végbe. A műszer-falon felvillanó zöld fény adja a pilóta tudtára, hogy a gép vezetését a földi állomás vette át, s így most már nincs gondja a leszállással. A leszállást irányító földi állomás rádiómérőberendezéssel és az ahhoz kapcsolt elektronikus számológéppel van felszerelve. Az előbbi folyamatosan meghatározza a gép magasságát, sebességét, repülési irányát és helyzetét a térben. Az utóbbi pedig ezeket az adatokat állandóan összehasonlítja a legkedvezőbb leszállási lehetőséggel. A szükséges helyesbítéseket rádiójelekkel továbbítják a repülőgép automatikus kormányberendezéséhez. A gép tehát a legsötétebb éjszakában vagy a legsűrűbb ködben is biztonsággal szállhat le a gurulópályára. A pilóta csak a földreérés után veszi át ismét a kormányok kezelését.

TOVÁBB MERRE?

Mindezekből megállapíthatjuk, hogy a légiközlekedést talán semmi sem befolyásolja olyan nagymértékben, mint az irányítás, illetve az irányíthatóság és a tájékozódás lehetőségei. Sokszor láttuk, hogy a fejlődést nem a megfelelő repülőszerkezetek hiánya, hanem az irányítás nehézségei akadályozták. Még ma is azért nem lehet fokozni a légiforgalom intenzitását a sűrű forgalmú területeken, mert a forgalomirányítás nem tud megbirkózni a mostaninál nagyobb számú géppel.

Az Észak-Atlanti óceánt például havonta 3000 gép repüli át, úgyhogy minden napszakban 35 gép van a levegőben.

Az is igaz viszont, hogy az utóbbi évtizedben óriási mértékben fejlődött a tájékozódás és az irányítás rendelkezésére álló műszerek minősége és mennyisége. Érdekes, hogy a fejlődés tulajdonképpen a meglevő eljárások csiszolgatása, a meglevő műszerek tökéletesítése révén következett be. Nincs ugyanis olyan eljárás, amelyet a második világháború befejeztével lényegében már ne ismertek volna. Inkább az történt, hogy a háborúban már ismert, sőt a katonai repülés kisebb követelményeinél már alkalmazott eljárásokat alkalmassá tették a hétköznapi, polgári szolgálatra is.

Az irányítás óriási fontosságát bizonyítja az is, hogy

a repülőgépipar sokrétű mellékiparai között az irányító és tájékozási műszereket gyártó ipar döntő túlsúlyban van.

Minden kilátás megvan arra, hogy a gépek navigációs berendezései és irányítási eljárásai rövidesen utolérik magát a repülést, s többé nem fékezik tovább a fejlődést. Bízunk abban, hogy ezen a területen hazánk világszerte ismert híradástechnikai ipara sem lesz az elmaradottak között.

TÁVREPÜLÉS A SZTRATOSZFÉRÁBAN

Szinte napról napra a repülőgép új sebességi és magassági rekordjairól számolnak be az újságok, és néhány hónappal ezelőtt arról is értesülhettünk, hogy három gázsugarhajtású nehézbombázó leszállás nélkül 45 óra 19 perc alatt körülrepülte a Földet. A repülés szédületes iramú fejlődése látán könnyen abba a hibába eshetünk, hogy megcsodáljuk a nagyszerű teljesítményeket, de megfeledkezünk az új gépcsodák tervezőiről, alkotóiról és a rekordok hőseiről, a repülő személyzetről.

Könyvünkben eddig mi is főleg magával a repülőgéppel foglalkoztunk. Ismertettük az évtizedeken át folytatott, meddőnek látszó kísérleteket, az első sikereket, a gépek és a hajtóművek szerkezetét és a tökéletesítés rohamos fejlődését. De nem beszéltünk még arról, hogy mi a szerepe az embernek, a repülőgép vezetőinek, irányítóinak a bámulatos teljesítményekben. Azt hisszük, hogy korántsem volna teljes a géprepülésről adott kép, ha nem beszélnénk a repülő személyzet rendkívül felelősségteljes munkájáról.

Hogyan nyerhetünk képet a repülőgép vezetőinek, irányítóinak felette nehéz, sok önfeláldozást követelő, de szép munkájáról? Természetesen úgy, ha velük együtt magunk is útra kelünk és részt veszünk egy képzelte légiúton. Kísérjünk el tehát útján egy korszerű gázsugarhajtású bombázógépet, amelynek az a feladata, hogy a szembenálló fél feltételezett határát átrepülve, elérje a mélyen az „ellenséges“ háterszágban fekvő célt, végrehajtsa a támadást, majd visszatérjen ki-

indulási pontjára. Nyilvánvaló, hogy nem számolhatunk be e képzeletbeli légiút minden mozzanatáról, hiszen a repülés valamennyi élményéről köteteket lehetne írni.

ELŐKÉSZÜLETEK A FELSZÁLLÁSHOZ

— Mindenki megértette a feladatot? Igen? Akkor befejezem a megbeszélést.

A terem közepén helyet foglaló repülőtisztok zsebre teszik jegyzeteiket, s tisztelegnek a magas, széles vállú, napbarnított arcú férfi előtt, aki a terem egyik falát borító hatalmasan felnagyított térkép előtt órákon át, szinte szótagolva magyarázta a végrehajtandó feladat minden apró részletét.

Hosszú hónapok óta különleges kiképzéssel készültek erre a nagy napra, a különleges feladat végrehajtására. Most az órákig tartó részletes magyarázat után a feladat egész bonyolultságában előttük áll. Jegyzetfüzeteikben ott sorakoznak a feladat részletei, az időpontok, az útirányok hosszú számoszlopai.

A repülőtéren a szerelők egész hadserege már órákkal ezelőtt megkezdte a gép felülvizsgálását, előkészítését. Az üzemanyagtartályokat feltöltötték. Mire a repülőszemélyzet megérkezik a repülőterre, a hatalmas gép indulásra készen áll a gurulópályán.

Az első pilóta, a parancsnok, néhány kérdést intéz a szerelőkhez és még egyszer röviden megbeszéli társaival a repülő-meteorológiai szolgálat legújabb jelentését. Ebben minden fontos időjárási adat megtalálható, amely az előírt útvonalon a repülést befolyásolhatja.

A repülőszemélyzetet azután beöltöztetik a túlnyomás alá helyezhető különleges repülőöltözetbe. Fejükre csatolják az elöl kerek ablakkal ellátott, gömbalakú könnyűfém sisakot is, rájuk kapcsolják az ejtőernyőt és azt a kis táskát, amely a legszükségesebbeket tartalmazza kényszerleszállás esetére. E furcsa öltözkömbben, a hozzájuk kapcsolt gumicsövekkel és huzalokkal úgy festenek, mint a bűvárok, vagy talán inkább mintha a Marsról most érkeztek volna látogatóba a Földre.

A bevetésre induló tisztok precíziós karórája, amelyet előzőleg a csillagvizsgáló intézet pontos időjelzésével egyez-

tettek, 7 óra 10 percet mutat. Az indulás ideje 7 óra 30 percre van kitűzve.

Egymás után kapaszkodnak fel a gépre. A parancsnok mellett foglal helyet a másodpilóta, felettük, a gép orrában, a rádiós és a navigátor. Miután becsatolták magukat, becsukják a beszállónyílást és ezzel légmentesen el vannak zárva a külvilágtól. Hosszú órákig most már a hatalmas gép lesz az otthonuk.

Kívülről a gép egészen úgy fest, mint egy nagyobb utas-szállító. Mégis, belül a személyzet alig tud mozogni a fülkébe zsúfolt műszerektől, készülékektől és póttankoktól. Minden rendelkezésre álló helyet a póttankok foglalnak el. Ez érthető is, hiszen a bevetésre induló gép csaknem 100 ezer lóerőnek megfelelő teljesítményű gázsugárhajtóművei rengeteg tüzelőanyagot fogyasztanak. De a visszatéréshez még így is a levegőben kell majd még üzemanyagot felvenni.

Egy gombnyomás az indítószerkezeten és rövid idő múlva felszívít az egyik gázsugárhajtómű, majd rövid működés után megint leáll. Kipróbálják mind a hat hajtóművet, majd amikor mindegyikük indítását, üzemét, szabályozását, leállítását rendben találták, eget-földet megremegetető üvöltéssel egyszerre megindult mind a hat hajtómű. A lefékezett gép egyhelyben áll, de mint a tüzes paripa, remeg, várja az indulást. 15 másodperc híján 7 óra 30 perc az idő.

— Halló, halló... Repülőtéparancsnokság! A 76-os engedélyt kér a felszállásra!

— Halló, halló... A felszállási engedélyt megadom, indulás!

NYÍLEGYENESEN FEL A SZTRATOSZFÉRÁBA

A gép és a repülőtéparancsnokság szabályos rövid rádió-telefon-üzenetváltása után eltávolítják a fékbakokat, a pilóta kioldja a futómű-kerekek fékjeit és egy gomb benyomásával egyidejűleg működésbe hozza az indítórakéták elektromos gyújtását.

Mint a lövedék száguld előre a gép a három és fél kilométer hosszú betonpályán. De már 500 méter után eléri a felszálláshoz szükséges sebességet. A pilóta meghúzza a szarvkormányt és a gép sűrű füstcsíkokat húzva maga után 45 fokban szög alatt ugrik a levegőbe.

A szerelőknek már több ízben volt alkalmuk ilyen felszállás megfigyelésére, de ez a látvány mindig lenyűgözően érdekes marad. Csak akkor indulnak el a visszahullott rakétahüvelyek keresésére, amikor a gép a felhők között eltűnt.

Mindjárt felszállás után a pilóta behúzza a futómű kezekeit és a féklapokat is visszacsatolta. A gép most már száguldó emelkedésbe megy át és négy perc alatt eléri a sztratoszféra alsó határát. De tovább kell emelkedni, mert az előírt magasság 18 ezer méter. Ragyogóan süt a Nap. Mélyen a gép alatt, ameddig a szem ellát, fehér felhőtakaró borítja a földet.

A személyzet fülkéjében 15—16 C° állandó hőmérsékletet biztosít az önműködő levegőkondicionáló berendezés. Odakint mínusz 56 fokot mutat a hőmérő. De nem ebben van a veszély az eget ostromlók számára, hanem a rendkívül alacsony légnyomásban, amely ebben a magasságban csupán mintegy 0,1 atmoszférának felel meg. Ennek halálos veszélye ellen védi meg a személyzetet a légmentesen lezárt kabin, amelyben a repülés tartama alatt a percenként 30 ezer fordulatszámmal dolgozó légsűrítők 3000 méter magasságnak megfelelő légnyomást létesítenek.

A gépben lázasan dolgozik a navigátor. Az irány pontos betartása, az egyes földrajzi pontoknak az előírt időben való elérése tőle függ. Ő adja meg mikrofonján a pilótának az adatokat az irány, a sebesség és a repülési magasság betartására. Előtte térképek, jegyzetblokk, s logarlécén számítgatva sűrűn rója a hosszú számsorokat a papírra. Időnként pillantást vet a fedélzeti radarberendezés ernyőjére, majd összehasonlításként a térképre. Noha a gép összefüggő felhőtakaró fölött röbül, a radarernyőn pontosan „látja” az alatta elvonuló tájat.

Az idegfeszítő munkában gyorsan telik az idő. A személyzet mindegyik tagjának megvan a saját feladata, amelynek ellátása megfeszített figyelmet követel. A rádiós időnként egy-egy cédulát nyújt át a navigátornak, aki a rádióbe-mérések alapján ellenőrizheti számításai helyességét. A végtelen levegőóceánban az eltévedés veszélye tehát teljesen ki-zárt.

A honi adóállomások hatósugarán kívül egy teljesen új navigációs eljárással pótolják a rádióhullámok iránymutatását. Ez az új módszer a testek tehetetlenségének fizikai tör-

vényén alapszik. A földrajzi helymeghatározás rugós mérlegekkel, pörgettyűkkel és ingarendszerekkel történik, tehát teljesen független a látási viszonyoktól és az irányító rádió-állomásoktól.

A pilóták állandóan figyelik az iránymutató műszerek, a magasságmérők, a sebességmérő és a hajtóművek működésének ellenőrzésére szolgáló műszerek mutatóit. De a gépet e pillanatban nem ők vezetik, mert bekapcsolták a robotpilótát, amely pörgettyűvel és kis elektromotorjaival pontosabban tudja betartani az irányt és a magasságot, mint az ember.

A gép személyzete nem gégemikrofont használ, hanem olyan berendezést, amely az állkapocsra erősítve a koponya csontrendszerének rezgéseit erősíti fel. Csak néha hangzik el egy-egy rövid utasítás, amely mindig így kezdődik:

— Parancsnok a navigátorhoz...

— Rádiós a parancsnoknak...

Bár a személyzet füle lassanként megszokja a gázsugárhajtóművek süvítését, a különleges mikrofonok és a fejhallgatók nélkül lehetetlen volna az utasítások, jelentések továbbítása.

A gép már 600 kilométerre közelítette meg az „ellenséges” határt, amelyet tehát egy fél óra múlva ér el. Ezt az időt ki kell használni.

— Parancsnok mindenkire: ebédszünet...

Nagy az öröm. Pillanatok alatt mindenkiről lekerül a sisak. Micsoda nagyszerű érzés — bármilyen furcsán is hangzik ez — vakarózni, amit a sisak hosszú órákra lehetetlenné tett. Csak azután kerül sor az éhség és a szomjúság csillapítására. Az ebéd koncentrált, nagy kalóriatartalmú tápszerekből és hideg teából áll. Még egy cigaretta és a fejhallgatókban megszólal a navigátor hangja:

— Navigátor mindenkire: 200 kilométerre megközelítettük az „ellenséges” határt!

Az ebédszünet gondtalan percei után bizonyos feszültség uralkodik a gépben.

— Parancsnok a pilótához: 1000 méterrel magasabbra!

Mindenki az óráját figyeli. Most már ellenséges terület felett repül a gép, s a személyzet tudja, hogy a földi radar-készülékek most már lázasan kutatják a légteret és a riasztott repülőterek vadászgépei már fel is szállnak. A bombázónak azonban feltétlenül végre kell hajtania feladatát!

— Navigátor a pilótához: irány 271 fok!

— Navigátor a rádióshoz: modellt kilőni!

A rádiós megnyom egy gombot. Furcsa fűtyülő sziszegést lehet hallani néhány másodpercig, utána kis kattogást. A sűrített levegővel működő szerkezet útjára küldte a modellt.

Milyen modellről van itt szó?

Sok fáradságos kísérletezés után sikerült csak a távbombázó gép kicsinyített hű mását elkészíteni. Ez mintegy félóraig repül 15 ezer méter magasságban, óránként 1000 kilométeres sebességgel.

Két különös érdekessége van e kis méretű gépnek.

A hajtóműben kilogrammonként 18 600 kalóriát fejlesztő üzemanyagot égetnek el. Vegyi anyagok adagolásával a fűvócsából kiáramló égéstermékek hatalmas sárgás lángcsóvát és fehér füstcsíkot képeznek. Ez teszi a „csalétket” éjjel-nappal könnyen megtalálhatóvá.

A másik érdekesség a modell szerkezeti anyaga. A kis gép áttetsző műanyagból épült, úgyhogy körvonalai megtévesztik az „ellenség” radarkezelőjét, aki sem a gép nagyságát, sem távolságát nem tudja megmérni. A zaj, a láng, a füst, a nagy magasság és sebesség hatalmas gép látszatát kelti. A kis gép azonkívül zezzugos irányban repül.

A légvédelem minden figyelmét a modellre összpontosítja, úgyhogy a bombázó zavartalanul repül célja felé.

— Navigátor a pilótához: Vigyázat, 64 másodperc múlva elérjük a célt. Irány 272!

A navigátor előtt fekszik kiterítve a cél radarképe, amelyet állandóan összehasonlít a radarernyőn kirajzolódó képpel.

— Navigátor a pilótához: Átveszem a gép vezetését!

— Pilóta a navigátorhoz: Átkapcsolom az irányítást!

Izgalmas pillanatok következnek. A navigátor feszülten figyeli a radarernyőt és karórája másodpercmutatóját. Még hat... négy... két másodperc. Most! Egy gombnyomásra élesen felüvöltének a gázsugarhajtóművek és a gép függőlegesen emelkedik a magasba.

Ugyanakkor már önműködően bekapcsolódott az a fedélzeti radarberendezés, amely „tükör”-ként működve, a füg-

gőleges gépállásban is kirajzolja képernyőjén a terepet. A navigátor a céltérképet állandóan összehasonlítja a „tükör”-radar ernyőjével és a hozzá átkapcsolt kormányberendezéssel úgy irányítja a gépet, hogy a függőleges repülés iránya pontosan egybeessen a célponttal.

BUKFENC AZ ÓRIÁSGÉPPEL

Amikor ez bekövetkezik, egy másik gombot nyom meg. A gombnyomást néhány pillanatig tartó, minden egyéb zajt elnyomó süvítés és dörrenés követi. Sűrített levegővel és robantással útjára bocsátották azt a különleges robbanószerkezetet, amelynek romboló hatása messze felülmúlja az eddig ismert bombákét.

Minthogy a kivetés olyan magasságban történt, ahol a légnyomás alig egy tizede a tengerszinten mértnek, a robbanószerkezet csak rendkívül csekély légellenállással találkozik és így 30 kilométernél nagvobb magasságra emelkedik. Közben sebessége egyre csökken, csúcspontját elérve a másodperc egy töredékéig megáll, majd egyenletesen gyorsulva, a célra zuhan.

A bombázó közben időt nyert a menekülésre. A robotpilóta olyan hurokba kormányozza, amelynél a centrifugális erő hatása a személyzet részére éppen még elviselhető. A gép vezetését most már ismét a pilóta veszi át. A hajtóművek a legnagyobb teljesítménnyel dolgoznak, hogy a gép minél meszebbre kerüljön a robbanás színhelyétől.

— Navigátor mindenkire: Ellenséges vadászgép 98 fokban irányban!

— Parancsnok a másodpilótához és a rádióshoz: Elhárító fegyvereket készenlétbe helyezni!

— Parancsnok a rádióshoz: Kirobbantó készülség!

Fontos óvintézkedés ez a parancs, mert egyetlen gyújtólövedék is lángba boríthatja a gépet. Az emeltyű megrántása után a robbantótöltetek kivetik a gépből a személyzet fülkáját, amelynek zuhanását önműködően nyíló ejtőernyő fékezi. Alacsonyabb régiókba érve, a személyzet azután kézioldású ejtőernyővel hagyja el az életmentő fülkét.

De erre nem kerül sor, mert az „ellenséges” vadászgép nem találja meg a bombázót.

— Navigátor a parancsnokhoz: 100 kilométeres körzetben nincs ellenséges vadászgép.

— Parancsnok a rádióshoz: Kirobbantó készültség megszűnt!

A feszültség érthetően enyhül, annál is inkább, mert a gép már eltávolodott az „ellenség” légvédelmi bázisaitól.

BENZINKÚT A LEVEGŐBEN

A tüzelőanyag-tartályok most már rohamosan ürülnek. A közeledő saját határokon túl találkozni kell a kijelölt térségben köröző tankrepülőgéppel.

A rádiós összeköttetést keres a tankgéppel és azután bemondja a mikrofonba:

— Tankgép 120 kilométer távolságban, 89 fokos irányban, 15 ezer méter magasságban.

Most rádión megbeszélik a tüzelőanyag átadásának pontos földrajzi helyét, idejét, a repülésirányát és magasságát. Hat perc múlva a gépek vezetői már látják egymást.

A tankgép állandó magasságban nyílegyenesen repül a megadott irányban. A bombázó sebességét és magasságát csökkentve, végül is a tankgépnél valamivel alacsonyabban repül és néhány méterrel mögötte marad. Amannak pilótája azután úgy vezeti a gépet, hogy a törzsből előre fölfelé kilökött vastag cső vége a tankgép törzséből lebocsátott cső tölcserébe kerüljön. Nagy sebességen persze csak a két gép vezetésének legteljesebb egybehangolásával lehetséges ez.

Bizonyos mértékig megkönnyíti ezt a műveletet, hogy a tölcserő — akárcsak sok karóra számaint és mutatóit — a sötétben-világító anyaggal festik be. Azonkívül a tankgép törzsvégén fekvő szerelője botkormánnyal segíti elő a két cső egybekapcsolódását. A rögzítés már önműködően megy végbe. Ezután rögtön megindul a tüzelőanyag átszivattyúzása. E berendezések nagy teljesítményére jellemző, hogy 15—20 perc alatt több tízezer liter üzemanyagot lehet egyik gépből a másikba juttatni. A túlfolyást biztosító szelepek akadályozzák meg. (A levegőben való tankolást ma már annyira tökéletesítették és az már annyira elterjedt, hogy az Egyesült Államokban átlagban minden három percben látnak el üzemanyaggal egy repülőgépet a levegőben.)

A művelet befejezése után az üzemanyagot szállító cső-

veket bevonják. A tankgép leszáll repülőterére. a bombázó pedig folytatja útját.

Múlnak a percek, az órák és a rendkívüli megerőltetés után a személyzeten erőt vesz a fáradtság. A mozdulatok lomhává, gépiessé válnak. A percek óráknak, az órák napoknak tűnnek fel. De a bombázót a soha el nem fáradó robotpilóta vezeti.

Végre a gép rádióon összeköttetést létesít a hazai repülőterrel. Közben egyre sötétedik és mire a gép megközelíti támaszpontját, már leszállt az éj. A csaknem 14 óráig tartó repülés után a gép személyzete most már holtfáradt, hiszen több mint egy fél napig szorongott a szűk fülkében.

A pilóta egyre csökkenti a magasságot és áttöri a vastag felhőréteget. Zöld fény villan fel a műszerfalon és jelzi, hogy most már működik a földről irányított vakleszálló-berendezés. A két pilóta tudja, hogy most már elengedheti a szarvkormányt, mert a leszállást a földről vezényelt automata-készülék hajtja végre.

Ember sohasem tudná oly szabályosan letenni a gépet a betonpályára, mint ez a készülék. A gép nagy sebességgel száguld a gurulópályán, de a pilóta működésbe hozza a futómű kerekeire ható fékeket és a gép egyre lassulva gurul a repülőter parancsnoki épülete elé.

Azután kinyitják az ajtót és a bennülők kiszállnak... lassan, fáradtan. Marslakók a Földön... De azért tüneményes gyorsasággal hámozzák le magukról a különleges öltözetet.

Az első pilóta, a gép parancsnoka, leadja a visszarepülés közben már megírt jelentését és a támadásról készült filmfelvételeket. Azután mindannyiuk útja hazavezet...

*

Az első világháborúban a repülőgép először a felderítés eszköze volt. A repülőgépipítés fejlődésével olyan gépek kerültek ki a gyárakból, amelyek már bombaterhet is szállítottak. Ezek elhárítására, leküzdésére megszületett a vadászgép. És a háború utolsó szakaszában a repülőgép már a földi harcokba is beavatkozott, s mélyrepülésben fedélzeti fegyvereivel pásztázta végig az ellenséges állásokat.

Az 1939—45-ös években a repülőgép kiterjesztette a háborút a hátorszákra is. Fontos ipartelepeket, közlekedési góc-

pontokat, nagyvárosokat egyre sűrűbben bombázták a 400—600 gépből álló kötelékek. A repülőbomba persze vak, s sokszor nem a hadifontosságú célt találta el, hanem a polgári lakosság ezreit ölte meg; válogatás nélkül, gyermekeket, aggokat, nőket, férfiakat.

Egy harmadik világháború létében fenyegetné az egész emberiséget, sőt már az atom- és hidrogénbomba-kísérletek folytatása is nagy veszélyeket jelent számára.

De ne veszítsük el az emberiség jobb jövőjébe vetett hitünket! A repülőgép, az embernek ez a legfenségesebb találmánya, nem állhat többé a pusztítás szolgálatában. Sőt, a földrészeket órák alatt áthidaló sebességével az emberiség boldogulását, jobb jövőjét szolgálja majd.

A REPÜLÉS ÉLETTANI VONATKOZÁSAI

„Nem az anyag korlátai fogják megszabni a gépmadár teljesítményének határát. Az ember szervezetének élettani ellenállóképessége határozza meg azokat. Az emberé, aki az agyát adja a repüléshez.”

Louis Blériot, 1922.

Az emberiség túlnyomó része megszokta azt az életmódot, mely a tengerszint felett 2500 m-ig terjedő magassági övezetbe alkalmazkodott. A szervezetet a külvilág részéről állandóan ingerek, sőt ártalmak érik. Védekező mechanizmusaival azonban sikeresen harcol ellenük. Claude Bernard, a nagy francia élettani kutató már a XIX. század második felében leszögezte, hogy az élet nem egyéb, mint állandó harc eredménye. Küzdelem a szervezet és környezete között. Ha a megszokott környezetétől eltérő vagy annál erőteljesebb hatások érnek bennünket, az élettani működések egyensúlya felbomlik, kóros tünetek állhatnak be, sőt az élet is veszélybe kerülhet.

Már az első repülési próbálkozások megindulásával egyidejűleg felmerült a kérdés: árt-e a magasság az élő szervezetnek. A Montgolfier-testvérek második kísérletével: 1783. szeptember 19-én megtörtént az első primitív élettani vizsgálat. A léggömbbel három állatot: egy birkát, egy kakast, és egy kacsát küldtek fel légi útra. Jól túrték a repülést. Néhány hét múlva, 1783. október 15-én a léghajóval a levegőbe emelkedett az első ember is. Pilâtre de Rozier francia léghajós volt

a vakmerő kísérletező. Természetesen ma már tudjuk, hogy a meleg levegővel töltött léggömbök még nem emelkedtek olyan magasságba, ahol az élettani ártalmak megnyilvánulnak. A hidrogénnel töltött léggömb megjelenésekor jelentkeztek az első nehézségek. Gay-Lussac és Biot 1804-ben 7016 méteres felszállást végeztek. Ők észlelték először azokat a kellemetlenségeket, amelyek összességét „ballon-betegség”-nek nevezték el. Hasonló tüneteket „hegyibetegség” néven már régen ismertettek. José da Acosta spanyol szerzetes már 1590-ben leírta azokat *Historia natural y moral de las Indias* című művében. Acosta számos utazást tett az Andesekben, ahol saját személyén észlelte a „hegyibetegség” kellemetlen tüneteit.

A magassági hatások tudományosan megalapozott vizsgálatát Paul Bert indította meg. Kísérleteihez ő építtette a világon az első légritkítási kamrát (barokamrát), melyben saját személyén és munkatársain kísérleteket végzett. Megállapította, hogy a ballonbetegség oka az, hogy a szervezet nem kap elegendő oxigént a benne végbemenő égési folyamatokhoz. Azért van ez így, mert a magassággal nemcsak az összlégnyomás, hanem abban az *oxigén résznyomása is csökken*. Mesterséges oxigénadagolással a tüneteket meg lehet szüntetni. Paul Bert tapasztalatait használták fel Sivel és Crocé-Spinelli, akik léggömbjükkel a „Sarkcsillaggal” 1874. március 22-én minden baj nélkül 7300 méterre emelkedtek azoknak az oxigéntartályoknak segítségével, melyeket Bertől kaptak. Bert pontosan ki tudta számítani, hogy adott időre mennyi oxigénre van szüksége a szervezetnek. Amikor egy ízben eltávozott Párizsból, nem vittek magukkal a léghajósok elegendő oxigént. Crocé-Spinelli, Sivel és Tissandier tragikus végű második felszállásának balsikerét az oxigénhiánya okozta. A „Zenith” nevű ballonnal 8400 méterre emelkedtek. A kísérletből csak Tissandier szabadult élve. A másik két léghajós életével fizetett a hibás számításokért.

Az életben maradt Tissandier klasszikus leírását adja a jelenleg „magassági betegség”-nek nevezett kórképnek:

„7500 méter körül rendkívüli tompultság vesz erőt rajtunk. Fokról fokra elgyengül a test és szellemi működés, oly észrevétlenül, hogy tudomást sem veszünk róla. Valami különös belső örömet érzünk. Nem gondolunk sem a veszélyes

helyzetre, sem magára a veszélyre. Emelkedünk, és örülünk az emelkedésnek. A magassági szédülés nem üres szóbeszéd, de amennyire meg tudom ítélni személyes benyomásaimat, ez a szédülés csak az utolsó pillanatban jelentkezik. A hirtelen, váratlan és ellenállhatatlan megsemmisülési érzést előzi meg közvetlenül. Az oxigén-cső után nyúlok, de képtelen vagyok felemelni karomat. Mégis a gondolkozásom teljesen világos. Állandóan a barométert figyelem. Szemem a mutatóra szegeződik, mely eléri a 290-es számot, majd a 280-at is meghaladja. Fel akarok kiáltani: 8000 méteren vagyunk, de a nyelvem mintha megbénult volna. Hirtelen lecsukódik a szemem, és erőtlenül összeesem, emlékezőtehetségem teljes elvesztése mellett.”

A leírás szemléltetően és színesen mutatja be az oxigénhiány kellemetlen következményeit. Ma is el kell ismernünk a megfigyelés pontosságát, élethűségét.

A tapasztalat azt mutatja, hogy bizonyos idő elteltével az ember lassan-lassan alkalmazkodik a nagy magasságokhoz. A tibeti pásztorok nyájaikkal és kutyáikkal igen gyakran 4000 méter felett legeltetnek. Ugyanitt több lámakolostort közel 5000 méter magasságban építettek. Dél-Amerikában Bolívia államban is vannak fennsíkok, ahol az emberek hasonló magasságban élnek és dolgoznak. Az Andesekben az 5830 m-en fekvő Quilchaban az őslakosság bányászattal foglalkozik. Munkahelyük még feljebb, mintegy 6300 m-en van.

A XIX. század utolsó és a XX. század első évtizedeiben számos tudományos expedíciót indítottak a magas hegységek megmászására. Ezek során is bebizonyosodott az emberi szervezet alkalmazkodó képessége. 1924-ben az angol Mount-Everest-expedíció két tagja nyugodtan átaludta az éjszakát 8342 méter magasságban, melynek eléréseért Tissandier két társa a gyorsan emelkedő léghajóban életét adta.

Az 1938. évi német Nanga-Parbat-expedíció tagjai hét hetet töltöttek 4—7000 méterig terjedő magasságban. Szervezetük annyira megszokta az oxigénhiányt, hogy az expedíció befejezésekor oxigénlégzés nélkül tudtak részt venni egy 7000 méteres magassági repülésben, míg a repülőgép személyzetének légzőkészülékre volt szüksége.

A magassági alkalmazkodást alaposan tanulmányozták a hegyek tetején épített kutatóállomásokon. A Jungfrau-

joch-on 3450 m magasságban, a Vallot-menedékházban 4200 méteren végezték az élettani vizsgálatokat. Érdekes gyakorlati tapasztalatokat szereztek a Kordillerákban épített vasúttal. Ez a pálya legmagasabb pontján 4798 m magasságban kanyarog.

Repülés közben olyan gyors a gép emelkedése, hogy nincs idő az élettani alkalmazkodásra. A repülők magassági betegsége aránylag észrevétlenül, lopva támadja meg a szervezetet. Gyakran minden előzetes jel nélkül áll be az eszméletvesztés. Máskor azonban a szervezet „vészjeleket” ad le. A légzés elmélyül. Forróságot, vagy meleget és nyomást érzünk fejünkben. Az ujjak zsibbadása, a halántékok lüktetése és a látótér elsötétedése társulhat a kórképhez. Ritkábban szédülés, hányinger mutatkozik. A tünetek nem mindig lépnek fel együtt; nagy részük hiányozhat. Objektív vizsgálatokkal kimutatható a teljesítőképesség csökkenése. Főleg az idegrendszer és az érzékszervek érzik meg először az oxigénhiányt.

A levegőnél nehezebb gépek térhódításával a magassági rekordok sorozata csak úgy vált lehetségessé, hogy az oxigénhiány ellen a repülőket légzőkészülékkel szerelték fel. Az acélpalackokban tárolt magasnyomású oxigén egy közbeiktatott nyomáscsökkentőn keresztül jut az adagoló berendezésbe (műtüdő). A légzési mozgásokkal a repülő egy álarcon át beszívja a szükséges oxigént. *Az oxigén-légzőkészülék használata 4000 méter felett minden repülő számára kötelező.*

Igen jól bevált az oxigénhiány leküzdésében a túlnyomásos kabin, melyben a repülőgépvezető és az utasok a külső környezethez képest magasabb légnyomáson tartózkodnak. Így a belégzett levegőkeverékben az oxigén résznyomása megfelel a szervezet szükségleteinek.

A repülőgép nagy emelkedési sebessége újabb, eddig ismeretlen élettani hatásokat is okozhat. 8000 méter fölé emelkedve a testnedvekben és a szövetekben oldott gázok (gyakorlatilag nitrogén) felszabadulnak. (Hasonló ez a jelenség ahhoz, melyet az ásványvíz kitöltésekor észlelünk. A folyadék — alacsonyabb nyomásra kerülve — nem tudja oldatban tartani az eddigi gázmennyiségeket: pezsegni kezd.) Ha az emelkedés lassú, a nitrogénbuborékok a tüdőn át eltávoznak. Nagy sebességgel emelkedő repülőgépekben az emberi szervezet különböző helyein hasonló mechanizmussal kiváló buborékok nem tudnak kiürülni, keringési zavarokat okoznak,

illetőleg nyomási tüneteket váltanak ki. Ez a *buborékbetegség*. Izületi fájdalmak, bőrviszketés, bőrkiütések, különböző idegrendszeri kiesések jellemzik. A jelenséget a belégzett nitrogén kiválása okozza, ezért ellene a legjobb védekezési mód, ha már felszálláskor megindítjuk a tiszta oxigén belégzését. Az oxigén nem képez buborékot a szervezetben, mert túlnyomórészt nem fizikailag oldva, hanem kémiai kötésben van jelen a vérben.

A légnyomás változását megérzik a szervezet gázzal telt üregei is. Elsősorban a fül az a szervünk, melynek részéről már korán észlelhetők zavarok. A dobüreg keskeny csövön, a fülkürtön át közlekedik a külvilággal. A külső levegő nyomása a fülkürtön tevődik át reá. Emelkedéskor a dobüregben uralkodó nagyobb nyomás hatására a fülkürt megnyílik és a levegő kifelé áramlik, míg a kiegyenlítődés megtörténik. Az emelkedő repülő aránylag egyenletes időközökben kattantást hall a fülében, ami a fülkürt időnkénti megnyílását jelzi. Leszálláskor a levegő-áramlás fordított irányú. és sokkal nehezebben történik. A légárammal szemben a fülkürt úgy működik, mint egy rezgőszelep. Kifelé csaknem akadálytalanul engedni áramlani a levegőt, de befelé gyakran csak különböző műfogások segítségével történhet meg a kiegyenlítődés. Ha a külső és belső nyomás közötti különbség kiegyenlítődésének akadálya van, akkor a dobüreg falának rugalmas része, a dobhártya a nyomás irányának megfelelően kidomborodik, megfeszül. A feszülés fájdalmat, vérzést, sőt a dobhártya megrepedését is vonhatja maga után. Nátha és a felső légutak egyéb gyulladásos elváltozásai ráterjedhetnek a fülkürt nyálkahártyájára és azt megduzzasztják. A fülkürt elzáródik, a kiegyenlítő működés szünetel. Ilyenkor lép fel az említett kellemetlenség, melyet *légsúlysérülésnek*, *barotraumának* nevezünk. Hasonló mechanizmus szerint az orr melléküregeinek megfelelően is jelentkezhetnek fájdalmak, vérzések. Ezért náthás, hurutos állapotban ne repüljünk.

A gyomor és a belek gáztartalmának kitágulása csökkent légnyomás mellett létrehozza a *magassági puffadás* tünetcsoportját. A repülő kellemetlen feszülést, fájdalmat, görcsöket érez a hasában. Helytelen táplálkozás (gázképző ételek és gáztartalmú italok fogyasztása) fokozza a hajlamot erre az ártalomra. A puffadás a fájdalmas idegingerületek tovavezetésével gátlást fejthet ki távoli szervek, különösen pedig az ér-

zéksszervek működésére. Mechanikus hatásával a gyomor és a belek térfogatának növelése, a rekeszizom felnyomása útján szűkíti a mellüreg térfogatát, csökkenti a tüdő légzési kitéréseit, és a szív tengelyének elfordításával gátolja a vérkeringést. A magassági repülést végző repülőket az elmondottak alapján különleges étkeztetésben részesítik, melynek alkatrészei kevés salakanyagot tartalmaznak, és gázképződésre nem hajlamosítanak.

A légnyomás csökkenésével a folyadékok alacsonyabb hőmérsékleten forrnak. Ha 20 000 méter magasságban tartózkodnánk, testünk folyadékai is felforrnának, mert átlagos hőmérsékletünk (37 C°) megfelel az említett magasságon a forráspontnak. Kísérleti állatokkal ezt a jelenséget többször előidézték. A magassági puffadás mellett a testnedvek felforrása jelentékeny térfogatnövekedést okoz. Nagy magasságokban ezért a túlnyomásos ruha viselése indokolt.

Az 1940-es évek elején kezdett elterjedni a túlnyomásos kabinok használata. Nagy magasságú repüléseknél ma már az utasforgalomban is jól bevált. A repülőgép kabinjában egy kompresszor segítségével a környezethez képest túlnyomást létesítenek. A benn tartózkodók így megfelelő oxigénrésznyomású levegőhöz jutnak. Ez az egyébként egyszerű technikai megoldás azonban újabb veszély lehetőségét rejtje magában. A kabin sérülése esetén a túlnyomásos levegő a keletkezett nyíláson át rohamos sebességgel megszökik, az *explozív dekompresszió* jelenségét idézve elő. Az ilyenkor keletkező légáram fizikai hatásai szokatlan kellemetlenségeket okoznak a repülők számára. A rohamosan kiterjedő levegő adiabatikus lehülése folytán a levegő páratartalma kicsapódik. Ködképződést észlelünk. A megsérült kabinfalon át a benn lévő tárgyak kirepülhetnek a gépből. Egy „Constellation” típusú gép tetején elhelyezett csillagászati megfigyelő kupola (astrodom) megsérülése és „kirobbanása” alkalmával az ott tartózkodó megfigyelőt is kisodorta a légáram.

A rohamos légnyomáscsökkenés miatt a testüregek gáznemű tartalma ugyancsak nagy sebességgel kiterjed. A feszítő hatás sérüléseket hozhat létre a kabinban tartózkodók légzőszervein. Egészen súlyos kísérleti feltételek mellett tengerimalacokon a pillanatszerűen kitáguló gázok hatására tüdőrepedést, tüdővérzéseket, gyomor- és bélrepedéseket is észleltek.

Embernél a repülés mai magasságaiban ilyen súlyos károsodások nem észlelhetők, kísérleti repüléseknél pedig túlnyomós ruhával lehet megvédeni a repülőgépvezetőt.

A korszerű merevszárnyú repülőgépek sebességei igen tekintélyesek és sok esetben a hangsebességet is messzeemenőleg túlhaladják. Azonban az élő szervezet szempontjából nem annyira a nagy sebesség, hanem annak változása, a *gyorsulás*, vagy *lassulás* a jelentős.

Mint érdekességet jegyezzük meg, hogy a repülőgépek sebessége is kezd érzékszerveinkre — azok tehetetlensége folytán — jelentőssé válni. Vegyünk egy gyakorlati példát:

Két vadászgép egyenes pályán óránként 1800 km-es sebességgel szembe repül egymásnak. Eszerint 3600 km-es sebességgel közelítik egymást. Tehát $1/10$ mp alatt a közeledés 100 méter. A szem ideghártyájának tehetetlensége folytán egy adott pillanatban meglátott képet $1/10$ mp-ig eredeti helyén látunk, elmozdulását nem észleljük. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy az összeütközés pillanatában még mindig 100 méter távolságban látnánk a szembe jövő gépet.

A nagy sebességek másik kellemetlen hatása az, hogy a gépek fala a levegőrészecskékkel történő surlódás hatására erősen felmelegszik. Nemcsak a gépek felépítési anyagait kell ennek megfelelően megválasztani, hanem a kabin hűtéséről is gondoskodni kell a repülőgépvezető számára elviselhető mikroklíma megteremtésekor.

A sebesség nagyságrendi, vagy irányváltozására jönnek létre a gyorsulások, vagy lassulások. Hatásuk függ a gyorsulás, illetve lassulás hatásától, irányától, időtartamától, és a szervezet pillanatnyi állapotától. A gyorsulást a Földön szabadon eső testek gyorsulásával mérjük, melynek értéke $9,81$ m/sec., és jelzése „g” (gravitáció). Repülés közben ennek az értéknek igen gyakran többszöröseit észleljük.

A gyorsulások mechanikai hatására sérülések jöhetnek létre a szervezetet alkotó szöveteken (csontokon, ízületeken, izmokon és zsigerekben is). Zavarttá válik a vérkeringés és az idegműködés is.

Fej-far irányú gyorsulás esetén úgy érezzük, mintha testsúlyunk megnőne. Karunkat nehezen, vagy alig tudjuk emelni. A vér súlya megnő, az alsó testfélbe áramlik. A központi idegrendszer és az érzékszervek vérellátása csökken.

Könnyen megértjük ezt akkor, ha elképzeljük, hogy 6—7 „g” esetén az ereinkben keringő vér súlya megnöve majdnem a folyékony vasénak felel meg. A vérkeringés nehézsége folytán csökken a szem vérellátása. Szemünk elé „szürke fátyol” ereszkedik. A hatás növelésekor a látómező teljesen elsötétül („fekete fátyol”), majd elvész az öntudat. A fej-far irányú gyorsulás okozta keringési zavarokat a hasprés növelésével csökkenthetjük.

Igen nehéz elviselni a far-fej irányú gyorsulást. A vér a felső testfélbe tódul, a látómezőre „vörös fátyol” borul. Feszítő fájdalom keletkezik a fejben. Kísérleti állatokon túl erős hatások után a szemén és a központi idegrendszerben vérzések jelentkezhetnek.

Aránylag legkönnyebben viselhető el a mell-hát irányú gyorsulás, vagy ennek ellenkezője. Régebben megpróbálták, hogy a repülőgépvezetőt fekvő testhelyzetben helyezték el a gépben. A gyakorlatban ez a megoldás nem vált be. Kényelmetlen és gátolja a légzőmozgásokat.

A gyakorlatban legtöbbször előforduló fej-far irányú gyorsulások hatásainak kivédésére manapság gyorsulás védő (anti-g) ruhákat alkalmaznak. Ezekben az öltözékekben gumi párnák fúvódnak fel a has és az alsó végtag körül. Nyomást gyakorolnak az erekre, gátolják a vér odaáramlását. Így az ember tűrőképessége mintegy 1,5—1,75 „g”-vel emelhető.

A repülőtéren kívüli, vagy hibásan végrehajtott leszállásoknál a terep egyenetlenségei, vagy más okok miatt a repülőgép erősebben ütődik a földhöz, vagy akadályhoz. A repülő szervezetére ilyenkor a szokottnál nagyobb negatív gyorsulások, azaz lassulások (decelerációk) hatnak. A decelerációk sérüléseket okozhatnak, melyek azonban elkerülhetők vagy enyhíthetők a repülő célszerű bekötésével, vagy az ülés helyes megtervezésével.

Ezzel a témával egy vakmerő amerikai repülőorvos-ezredes, dr. I. P. Stapp foglalkozott. Tanulmányozta a különböző erősségű és időtartamú lassulások hatásait. Kísérleteihez egy sínpályán mozgó szánkót szerkesztett. A siklószerkezetet kilenc rakéta hajtja előre, melyek mintegy 5 mp-ig működnek. Ez a jármű utasával, Stapp-el 1955 márciusában 840 m-es pályán 5 mp alatt elérte a 1012 km-es óránkénti

sebességet. Földi pályán Stapp a világ leggyorsabb embere. Számunkra azonban érdekesebb, ami ezután történt. Megkezdődött a fékezés. A szánkóról a sín pár közötti vízmedencébe merülő „kanalakkal” sikerült a sebességet 1,5 mp alatt nullára csökkenteni. A kísérlet utolsó szakaszában, tehát a sebesség csökkentése idején, a bátor kísérletező mintegy 40—46 „g” lassulásnak tette ki magát. Múló eszméletvesztésen, látászavaron és a szem kötőhártyájának apró vérzésein kívül komolyabb sérülés csupán egy szemfenéki vérzés képében mutatkozott. Néhány nap múlva ez is nyom nélkül eltűnt.

Stapp sorozatos előkísérletek árán érte el eredményeit. Célszerűtlen bekötés mellett már sokkal enyhébb hatások komoly elváltozásokat okoztak. Az előkísérletek tandíját Stapp két karficammal, egy bordatöréssel, egy szemfenéki vérzéssel, több rándulással, zúzódással és különféle apró sérülésekkel fizette meg.

Ahhoz, hogy el tudjuk képzelni a 40 „g” körüli hatások nagyságát, csak annyit említünk meg, hogy ha egy 100 km-es óránkénti sebességgel rohanó autót egy 19,5 m hosszú pályán lefékezzünk, akkor a kocsivezetőre mindössze 2 „g” hat.

Stapp arra a megállapításra jutott, hogy megfelelő bekötéssel mintegy 50 „g”-t lehet elviselni eszméletvesztés nélkül. Szerinte kedvező körülmények között 100 g-nyi lassulást még túl lehet élni.

Balesetes helyzetben a nagysebességű repülőgép elhagyása komoly nehézségekkel jár, sőt legtöbbször nem is valósítható meg a repülő saját erejével. A közismert katapultáló ülést használják. A repülőt az üléssel együtt robbanó töltet röpíti ki a levegőbe. Ezután hagyja el az ülést, és sajátkezűleg vagy automatikus berendezéssel nyitja az ejtőernyőt. Az ilyenkor fellépő gyorsulásokat a szervezet elviseli. Az új gépek azonban olyan magasságokat érnek el, melyekben a környezet elviselhetetlen hatásokat tartogat az ember számára. Még a szabadon eső test sebessége sem elegendő ahhoz, hogy idejében földközelségbe, kedvező életfeltételek közé jussunk. Fellép az oxigénhiány, a buborékbetegség, felforrnak a testfolyadékok. A sztratoszféra és szubsztratoszféra hidege súlyos fagyásokat okozhat. Ha a gép sebessége túl van a „hangfalon”, a közönségesen ismert katapultálási mód életveszélyes. A sebesség csökkenésekor a „hangfal visszafelé

történő áttörése” a keletkezett lökéshullámok révén súlyos megrázkódtatásokat mér a szervezetre. Komoly sérülések keletkeznek, főleg a végtagokon. Mindezek alapján biztosítanunk kell az élet feltételeit akkor is, ha a repülő az elmondott körülmények között kényszerül a gép elhagyására.

Így született meg „a lerobbantható kabin” és a „kivethető tok”.

A hermetikusan zárt pilótafülke egészében való lerobbantása rakétákkal történik, amidőn is a pilótakabin — a bennülőkkel — pillanatok alatt leválik és messze távolodik az immár veszélyessé vált, esetleg lángban álló géptől. E „lerobbantással” egyidejűleg a pilótakabinból egy ejtőernyő válik szabaddá és nyílik ki, mely a kabint most már lebegésbe viszi. A kabin — lassú esése közben — továbbra is biztosítja az akkumulátorral táplált elektromotoros kompresszorával és fűtésével az eddigi repülés alatt is élvezett 2—3000 m-es légkondicionálást, azaz a kellő atmoszférikus nyomást és temperatúrát.

Midőn a süllyedő ejtőernyős kabin eléri az 5—6000 m-es magasságot, akkor a bennülők — saját ejtőernyőik igénybevételével — egymásután ugranak ki az életmentő kabinból, miután a saját lábra-érkezés biztonságosabb, mint az ejtőernyős kabinnal történő talajra szállás...

Szabálytalan időközökben fellépő különböző erejű gyorsulások hatására a középfülben elhelyezett egyensúlyi szerv, a labirintus kóros izgalomba jöhet. Ilyenkor a közismert tengeri betegséghez hasonló tünetcsoport jöhet létre. Különösen fontos ez olyan egyének légi szállításánál, akiknek egyensúlyi szerve már természettől fogva fokozottan ingerlékeny. Gyakorlott repülőgépvezetőknel is előfordulhat átmenetileg, különösen betegségek, fáradtság esetén, vagy hosszabb repülési szünetek után. E „mozgásbetegség” leküzdésére az utasforgalomban már számos jóhatású gyógyszerkészítményt ismernek.

Sok gondot okozott a repülőgép tervezőknek a motorok és egyéb hajtóművek rezgéseinek, továbbá az aerodinamikai okokból keletkező rezgéseknek csillapítása. A nagy zaj tartósan károsíthatja a hallószervet. Ez ma már nem annyira a repülőkre, mint inkább a szerelő műhelyek bejárato padjai körül beosztott műszaki személyzetre veszélyes. A gép

testrezgése (vibráció) is rendkívül fárasztó hatásúak. Ezeknek különösen a sebesültek és betegek légi szállításakor van jelentősége, mert rontja azok állapotát a hosszabb, gyakran több órás légiutak során.

Csupán a teljesség kedvéért beszélünk arról a jelenségről, hogy a levegő hőmérséklete fokozatosan csökken a magassággal. 100 méterenként emelkedve a hőmérsékletcsökkenés értéke átlag $0,65^{\circ}\text{C}$. A szubsztratoszféra és sztratoszféra rétegeiben -30°C -tól -56°C -ig hűl le a légkör. A zárt és klimatizált levegőjű repülőgépek elterjedése óta a hideghatással csak a repülőgép elhagyásakor (ejtőernyő ugrásnál, katalpaltálásnál) kell számolni.

Ugyancsak inkább érdekessége, mint gyakorlati jelentősége miatt említjük meg az izomerővel működő repülőgép kérdését. A görög Archytas-tól Leonardo da Vinci-ig, Helmholtz-tól napjaink kutató gárdájáig állandóan izgatta az emberek fantáziáját az izomerejű repülés. Miért tud a gólya saját erejéből a levegőbe emelkedni? Miért nem tudja ugyanezt az ember? A választ a testsúly és az izomerő arányában találjuk meg. E téren elmaradtunk a gólya mögött. A számítások szerint emberen a viszonzyszám értéke a gólyáénak $1/7$ -e. A 68 kg-os ember súlya egy egészen tökéletes technikai megoldású repülőszerkezettel együtt mintegy 108 kg volna. Ennek a súlynak a levegőbentartásához két lóerőre volna szükség. Ezzel szemben egy erős férfi csak 15 méterkilogramm/sec, azaz $1/5$ lóerő teljesítményt tud tartósan nyújtani. Addig, míg a technika valamilyen különleges energia-halmozó ötlettel nem áll elő, az izomerejű repülésre még mint sportra sem gondolhatunk, bár erre történtek (Németországban) komolyan tekinthető kísérletek.

Napjainkban mind gyakrabban olvasunk űrhajózásról, mesterséges holdak létesítéséről. E gondolat megvalósítása nem utópia, hanem a közeli évtizedek feladata. Ma már nagyszabású kísérletek történnek szerte a világon.

Érthető, hogy elsősorban a légzés feltételeit tanulmányozzák. Ebből a szempontból az űrnek megfelelő körülmények (űregyenérték) bármelyik barokamrában előállíthatók. A kísérletek alapján kiderült, hogy a csökkent légnyomáson a tüdők levegőhólyagocskáinak űrterét mindinkább vízgőz foglalja el, egyre kevesebb és kevesebb részt juttatva az oxigén-

génnek. A tüdőben és légutakban a levegő gyakorlatilag mindig telítve van vízgőzzel. A telítődésre állandóan lehetőség van, mert a nyálkahártyákat nedvesség borítja. A telített vízgőz nyomása adott hőmérsékleten állandó, testünkben 37 C°-on 47 Hg mm. Mivel környezetünkben és a tüdőben a nyoinás gyakorlatilag egyenlő, könnyen elképzelhető, hogy 47 Hg mm külső légnyomás mellett a tüdőbeli nyomást csaknem kizárólag a vízgőzők tartják fenn, a légzőmozgásokkal nem kerül oxigén a tüdőbe.

Az űrhajóban elsősorban megfelelő légnyomásról, ezen belül pedig az oxigén megfelelő résznyomásáról kell gondoskodni. Hosszú útnál ez nem egyszerű kérdés, mert az oxigéntartályok hatalmas súlyát az űrhajó nem bírná el. Igen szellemes javaslat az, mely az utasok oxigénellátását alacsonyrendű növények (algák) segítségével, fotoszintetikus úton igyekszik megoldani. A kilégzett széndioxidot az algák elnyelik és helyette oxigént bocsátanak ki. Különösen az ún. chlorellák képesek nagymennyiségű oxigént visszaadni. A számítások szerint egy ember számára 80 liter algatar-talmú folyadékot kellene vinni. E növények nemcsak az oxigén visszatermelésében vennének részt, hanem a kiürített anyagcseretermékek (széklet és vizelet) közömbösítésében is.

Az űrhajó sérülése esetére (pl. meteoritekkal való találkozás) ajánlatos lenne a belső kiképzést rekeszesen megoldani, úgy, hogy a rekeszeket hermetikusan szigeteljék el egymástól. Így ha fel is lépne egy adott rekeszben a rohamos légnyomáscsökkenés, a többiből nem szökhetne meg a levegő. Az űrhajósok előreláthatólag túlnyomásos ruhába fognak öltözködni, hogy biztosítsák magukat ilyen esetek ellen.

20—30 000 méterig terjedő magasságban már az eddigi-eknél is nagyobb gondot kell fordítani a repülőgép tömítésére. Semmi esetre sem lehet az eddig szokásos módon kompresszorokkal sűrített külső levegőt nyomni az utas-kabinba. A levegő ózontartalma ezekben a magasságokban már olyan nagy, hogy mérgező hatású volna a szervezetre.

100 000 méter magasságban még van ugyan oxigén, de ez már légzésre nem használható, mert nem molekuláris kötésben (O₂), hanem atomos formában van jelen. A szervezet így nem tudja hasznosítani.

Nem hanyagolható el az űrhajózás szempontjából a kozmikus sugárzás jelentősége. A biológiai hatás szempontjából az ún. primer nehézszerzőcskék jelentősek. E sugárzás vizsgálatára számos ballon-kísérletet végeztek. Kísérleti állatokat több mint 36 000 méterre küldtek fel, ahol különböző ideig tették ki őket a sugárhatásnak. A leghosszabb expozíció 36 óráig tartott. A kísérletek eredményei részleteikben még nem ismertek. Leírják, hogy sötétszínű egerek megöszültek a kozmikus sugárzás hatására.

A nagy magasságban csökken a légkörben a fényszóródás. Az „ég” kék színe sötétedik. A szemlencse önkéntelenül közelre alkalmazkodik, ami megnehezíti a távoli tárgyak észrevevését.

Az űrben csökken, majd megszűnik a Föld vonzóereje, és vele együtt a testsúlyunk. Az ún. gravitációmentes térben hiányzik tehát egyensúlyi szervünk állandó ingere, a nehézségi erő. Ennek következtében valószínűleg zavart szenved testünk reflex-egyensúlya és kóros ingerületek képződnek a szervezetben. Zavarttá válik az ún. mélyérzés, mely végtagjaink helyzetéről ad felvilágosítást. E zavarok kiküszöbölési módjára ma még csak elméletek vannak.

A nehézségi erő hiánya néhány olyan problémát vet fel, melyek a mindennapi életben rendkívül szokatlanok.

A kilégzett levegővel kiürülő széndioxid (a levegőnél nehezebb lévén) rendes körülmények között lesüllyed. Orrnyílásunk és szájunk így állandóan friss levegővel kerül érintkezésbe. Az űrhajóban gondoskodni kell a levegő állandó keringésben tartásáról, mert különben légzőnyílásaink körül felhalmozódik a széndioxid és az oxigén nem jut oda. Különösen az alvó űrhajósnál lehet ez veszélyes.

Az anyagcseretermékek (széklet, vizelet) nem hullanak le a testből való távozásuk után. Külön mozgási energiát kell juttatni a test közeléből való eltávolításukra, és akkor is, amikor a hajóból kiküszöbölik őket. Ellenkező esetben az űrhajót állandóan kísérnék haladásában.

A felhalmozódott széndioxidot nemcsak algákkal, hanem kémiai úton is ártalmatlanná lehet tenni. Gondoskodni kell a felhalmozódott nedvesség eltávolításáról és a kabin szagtalanításáról is.

Az űrhajózással kapcsolatban gyakorlati jelentőségű ki-

sérletekkel számolt be 1956 decemberében Pokorovszkij szovjet professzor a legutóbbi párizsi nemzetközi kongresszuson, mely a rakétákkal és kormányozható lövedékekkel kapcsolatos problémákkal foglalkozott. Rakétalövedékekben kutyákat küldött fel mintegy 100 km magasságra. Az állatokat nem altatták. Regisztrálták a légzést és vérkeringést. Az első sorozatban 9 kutyát egy-egy rakétában elhelyezve oxigénnel töltött kamrában vetettek alá a kísérletnek. A 100 km-es magasság elérése után a kamra előbb szabadesésben, azután pedig ejtőernyővel közelítette meg a földet. A kísérlet teljes ideje mintegy 3 óra volt. Az elszenvedett gyorsulások értéke nem haladta meg az 5 g-t. A 9 kutyánál a kísérlet végeztével semmi zavart nem észleltek. Két állatot a második sorozatban is felhasználtak.

A második sorozatban 12 kutyát nem hermetikusan zárt kamrában, hanem túlnyomásos ruhában küldtek fel. A rakéta ezekben az esetekben is 100—110 km magasságot ért el. Ezután az állatokat katapultálták, részben a rakéta pályájának csúcán, részben pedig a földhöz való közeledés folyamán. Egy csoportot 80—90 km magasságban (700 m/sec. kivetési sebességgel), másik részüket 40—50 km magasságban (700—1000 m/sec. kivetési sebességgel) lőtték ki. Az ejtőernyők nyitása 3800—4000 m magasságban történt. A különböző élettani működések a kísérlet után alig mutattak eltérést. Csúpan a vérnyomást találták emelkedettnek és a szív működést megszaporodottnak.

Az idézett szovjet kísérletek alapján bebizonyosodott, hogy élő állati szervezet megfelelő körülmények között el tudja viselni az űrhajózással járó szokatlan és erőteljes hatásokat. Nem állítjuk, hogy az elkövetkező néhány éven belül biztosan megvalósul az űrhajó elindítása, de mindenesetre beláthatónak tartjuk azt a határidőt, amikor a hajtóművek tökéletesedésével és az űrhajó kabinjában uralkodó fizikai feltételek célszerű beállításával az ember elindul, hogy megismerje a világűr közeli területeit. Addig még számos kísérletre van szükség. Ha valahol, akkor a repülésben érvényes igazán a nagy Helmholtz mondása: „Csak az exakt tudomány segítségével szerzett ismeretekkel lehet a természeti erőknél uralkodni.”

AZ ŪRHAJÓZÁS KÜSZÖBÉN

— Még századunkban „partraszállunk és megvetjük lábunkat a Holdon” — mondják az asztronauták.

De kik azok az asztronauták? A görög ősmonda e hősei az *Argo* gályá hajósai voltak, akik *Jázon* vezérlete alatt elhozták *Kolchiszból* az aranygyapjút, miután legyőzték a csodás szörzetet őrző érclábú, tűzokádó sárkányt. Az argonauták azonban tengeren és folyókon hajókázva tették meg ide-oda az utat.

Kései és egyelőre még jövődöbéli utódaik, az asztronauták viszont az égitestek közötti térségben akarnak közlekedni. Ezt két görög szóból képzett elnevezésükkel is jelzik. *Aszter* ugyanis csillagot, *nauta* pedig hajóst jelent.

Az asztronauták, a világűrhajósai persze nem mesebeli lényekkel készülnek birokra kelni, hanem a természet valóságos, de még ki nem fürkészett jelenségeivel. Már az ismert fizikai és csillagászati törvények ismeretében is tudják, milyen hatalmas testi és lelki megpróbáltatások várnak rájuk akkor, amikor csak kísérletet is tesznek arra, hogy rakétás űrhajójukkal kikerüljenek a Föld vonzási köréből.

Kiszámították ugyanis, hogy a rakéták csak akkor tudják leküzdeni a Föld vonzóerejét, ha legalább 11,2 kilométer másodpercenkénti sebességre tehetnek szert. Ez óránként kéreken 40 000 kilométeres sebességet jelent. De nem is ez ró nagy feladatokat az emberi szervezetre, hanem az, amíg a rakéta ilyen óriási sebességre felgyorsul. Így a Föld és Hold

közötti közlekedésre tervezett űrhajók — holdrakéták — utasai felváltva olyan érzéseknek lesznek kitéve, mint a hirtelen indított vagy fékezett autóban és felfelé vagy lefelé haladó liftben. Ki ne tapasztalta volna, hogy ilyenkor az ember előrebukik vagy hátravágódik, talpán vagy fején érez nyomást — csakhogy mindezt hatványozott mértékben érezné a nagy sebességgel haladó űrhajón.

Még számos egyéb, merőben szokatlan és kényelmetlen tapasztalatban is részük lesz a holdrakéták utasainak. De az óceánok első hajóseit és átrepülőit sem riasztották vissza az életveszéllyel járó nehézségek.

Mielőtt tovább mérlegelnénk az űrhajó utasaira váró élettani megpróbáltatásokat, nézzük, vajon van-e egyáltalán mód a tudomány és technika mai állása alapján Holdrakéták megszerkesztésére. Egyelőre ugyanis a Holdra akarnak eljutni az asztronauták, s csak a hold „meghódítása” után gondolnak határozottabban arra, hogy naprendszerünk egyes bolygóin, mint például a Marson és a Vénuszon is kikösenek.

RAKÉTÁK SZÁRNYÁN

A tulajdonképpeni csillagokat még a legmerészebb asztronauták sem tekintik utazási célnak. A csillagok ugyanis a Naphoz hasonló izzó gázgömbök, amelyeknek sok ezer fok hőmérsékletű felszínén nem sok keresni valónk volna, másrészt csak fényévekben kifejezhető távolságra vannak. Naprendszerünkön kívül a legközelebbi csillag az *Alfa Centauri*, amely 4,3 fényév távolságnyra, vagyis kereken 40 billió (40 000 000 000 000) kilométerre van tőlünk. Tehát óránként 40 000 kilométeres sebességgel is több mint 110 000 év múlva érne oda a rakéta.

A bolygóközi közlekedés lehetőségére azonban a rakétákkal végzett kísérletek alapot adnak. E rakéták egyikét-másikát már több mint 400 kilométer magasságig fellőtték.

De milyen hajtóerők állnak rendelkezésünkre, amelyek a rakétáknak a földi nehézségi erő legyőzéséhez és a Hold eléréséhez szükséges sebességet megadhatnák? Másrészt a

rakétáknak annyi üzemanyagot kell magukkal vinniük, hogy utasaik dolguk végeztével vissza is térhessenek a Földre.

Sok asztronauta szerint tüzelőanyagokkal hajtott rakétákkal is megjárható a Hold. Ilyen tüzelőanyag például a híg oldatban toroköblítésre, hajszókítésre és textilfestésre használt hidrogénperoxid (H_2O_2), amely maga szolgáltatja az égéshez szükséges oxigént is. A hidrogénperoxid ugyanis tömény oldatban igen nagyhatású robbanószer, amely robbanáskor 2000 fokot meghaladó hőséget fejleszt és így égési gázai nagy nyomással áramlanak ki a rakéta fúvócsövén. Több más tüzelőanyag is bevált rakéták hajtására, de az asztronauták többsége az atomenergiában látja a rakéták legmegfelelőbb hajtóerejét. A kísérletek egyelőre mégis különleges tüzelőanyagokkal hajtott rakétákkal folynak.

MESTERSÉGES ÉGITESTEK MINT ŪRALLOMÁSOK

Az asztronauták nagyon is tisztában vannak azzal, milyen óriási összegeket emésztenek fel ezek a kísérletek. Kiszámították például, hogy egy tonna súlyú rakétalövedéknek a Holdra való juttatása is sok százmillió forintba kerülne. Ebből már nyilvánvaló is, hogy ilyen rakéta megszerkesztésének ma már nincs elméleti akadálya. Elvileg utasszállító rakéták lehetősége ellen sem szól semmi — csak megépítésük és üzemük óriási költségei.

A kísérleti és üzemi költségek csökkentése céljából az asztronauták azzal a gondolattal álltak elő, hogy a bolygók közötti térségben mesterséges égitesteket: holdakat és bolygókat kell létesíteni és így csökkentsek az űrhajók méreteit, súlyát és üzemanyagszükségletét. Ez esetben ugyanis a kisebb méretű és hatósugarú rakéták szöcskeugrásokkal juthatnának el a Holdra és ilyen mesterséges bolygókon egszíténék ki útközben üzemanyagszükségletüket.

Ezek után felvetődik a kérdés: milyen elméleti lehetőségei vannak ilyen mesterséges égitestek létesítésének. Hogyan építhetők meg? Hogyan irányíthatók az űrben? Milyen lehet lakóik élete és visszatérhetnek e valaha is a Földre?

Az asztronauták váltig állítják, hogy a csillagászati és fizikai törvények lehetővé teszik mesterséges égitestek léte-

sítését. Ennek technikai szempontból sincs akadálya, mert a rakétában olyan hajtómű áll rendelkezésünkre, amely légüres térben is működik.

Hogyan válik a megfelelő távolságra kilőtt rakéta mesterséges bolygóvá? — vetődik fel a kérdés. Úgy, hogy a Földtől való távolodást megszüntetik. Ez vagy úgy következik be, hogy a rakéta hajtóanyaga kifogy, vagy azáltal, hogy nem engednek több tüzelőanyagot a rakéta égési terébe. A rakéta ez esetben, ha már a Földtől megfelelő távolságra kerül, elért sebességénél fogva keringeni kezd Föld körül.

De mi tartja mozgásba földkörüli pályáján hajtóerő nélkül? Erre *Newton* első mozgási törvénye adja meg a választ: „Minden test megmarad nyugvó állapotban, vagy egyenes-vonalú, egyenletes mozgásban, míg csak a reáható erők nem kényszerítik ezen állapotának megváltoztatására.”

Nagy magasságban nincs levegő (légellenállás és súrlódás), ami a mesterséges bolygóvá alakult rakétát akadályozná mozgásában. Csak egyetlen erő érvényesül, s ez a Föld vonzóereje.

A rakéta tehát ebből a szempontból és ilyen helyzetben a Holdhoz hasonlítható. A Föld vonzóereje következtében van a Hold állandó keringésben és sebessége miatt kering mindig meghatározott pályáján. A rakétát is a Föld vonzóereje fogja keringési pályáján tartani, akárcsak a Holdat.

A rakéta ily módon égitestté válik és a Kepler-féle törvények szerint járja útját. Így szolgáltat a technika a Földnek új Holdat, vagy holdakat, a csillagászatnak pedig új égitestet.

De egy fecske nem csinál nyarat. Egy rakétából bajosan futná olyan mesterséges égitestre, amelyen mint közbeeső állomáson a Holdra tartó rakéták kiköthetnének, hogy üzemanyagot vegyenek fel további útjukra. Annál kevésbé jöhet számításba egyetlen rakéta bolygóközi állomás céljára, mert a rakéták súlyuknak és anyagmennyiségüknek egy kis hányadával érkeznek rendeltetési helyükre, akár a mesterséges bolygóra, akár a Holdra.

A rakéták ugyanis több hatalmas üzemanyagtartályt visznek magukkal. Amikor az első tartály kiürítése után elérték legnagyobb sebességüket, kiürült tartályukat ledobják és így könnyebb teherrel száguldhatnak tovább. Ily módon egymásután valamennyi tartályuktól megszabadulnak, míg végül csak a tulajdonképpeni terhet szállító rakéta orra folytatja útját.

Az asztronauták két-, három-, sőt ötfokozatú rakétákat terveznek. Egy háromfokozatú rakéta hosszát egy 24 emeletes ház magasságára tervezik és súlyát mintegy 6000—7000 tonnára számítják. Elképzelhető, milyen hatalmas mennyiségű tüzelőanyagra van szükség egy ilyen 80—100 méter magas rakéta fokozódó sebességű röptéséhez! Gondoljunk csak a világháborúban használt „V—2” rakétákra, amelyek másodpercenként 130 kilogramm üzemanyagot fogyasztottak és 70 másodperc alatt egész, 5500 kg oxigénből és 4000 kg alkoholból és vízből álló hajtóanyagukat felemésztették.

A mesterséges holdak minden megfelelő pályán keringésbe hozhatók. 560 kilométer magasságban kijelölt pályájukhoz 7,2 kilométer másodpercenkénti sebességet kell elérniük, 1700 kilométer magasságban pedig 6,9 kilométeres sebességet.

De hogyan éreznék magukat mind eközben a rakéta utasai? A gyorsulás okozta nagy testi és lelki megpróbáltatásokra már utaltunk. Elegendő bizonyíték van azonban arra nézve, hogy pár percig tartó hirtelen sebességváltozás nem lehet nagyon veszélyes, még kevésbé végzetes, ha az utasok fekvő helyzetben és jól rugózó matracok között a rakéta falához szíjjaznak magukat. Az asztronauták az ember „g”-tűrő képességének megfelelő gyorsulással számítanak rakétaik indításánál.

Mi történik akkor, amikor a rakéta tüzelését a kiszemelt keringési pályánál beszüntetik és a gyorsulás megáll? Az utasok súlytalannak fogják érezni magukat. Olyan érzésük lesz, mintha lebegnének — és csakugyan lebegnek. Megkezdődhet a mesterséges hold szerelése.

Újabb rakéták érkeznek, s acélszerkezeteket, egyéb építőanyagokat és felszerelést raknak ki az első rakéta mellé — az űrbe. Nem kell tartani attól, hogy a „semmiben” felhalmozott építőanyagok széjjelszélednek: ott maradnak azok a keringő rakéta mellett; maguk is keringve és millimétert sem tágitva tőle.

Ugyanígy a bolygóépítő technikusok is megannyi eleven parányi bolygó módjára keringenek rakétájuk mellett, ha szerelési munkájuk úgy kívánja. De hogyan közlekednek, ha az egyik helyről a másikra kell menniük? Gázpisztolyt sütnék el, s ennek visszalökő erejével vitetik magukat a kívánt helyre. A biztonság kedvéért azonban a rakétához köttetik magukat, nehogy egy erőteljesebb mozdulat következtében túlmesszire kerüljenek új bolygójuktól.

Persze, kint az űrben különleges öltözékben végzik munkájukat, különben a Nap tűző sugaraitól pillanatok alatt felforrna a vérük. Ezért a hősugarak visszaverése céljából — ruhájukat és sisakjukat rendkívül finomra csiszolt, tükröző felülettel látják el. Szemüket pedig különleges üvegből készült szemüveg védi a Nap vakító ibolyántúli sugárzásától, amely itt, az űrben hasonlíthatatlanul erősebb, mint a Föld felszínén.

De az ember szervezete egy atmoszféra nyomáshoz szokott. Ezért a bolygóépítő technikusok kint, „szabadtéri” munkájuk közben kettősfalú ruhát hordanak, amelynek két fala között egy atmoszféra nyomású gáz tartja fenn a megszokott közérzetet. Levegőhöz cseppfolyós levegőt tartalmazó palackból jutnak és a kilélegzett széndioxidot és vízgőzt vegyszerekkel nyeletik el.

Benn, a rakétában már valamivel otthonosabb körülmények között érezhetik magukat, hiszen itt légkondicionáló berendezés gondoskodik a megfelelő nyomású, páratartalmú és hőmérsékletű légkör fenntartásáról. De a súlytalanság itt is különös helyzeteket teremt. Nincs szükség asztalra, székre, ágyra párnára. A rakéta utasai lebegve alszanak. Ha inni akarnak, csövön át kell magukba szívniuk az italt, mert pohárból vagy palackból nem lehet kiönteni. A főzés sem lesz egyszerű ügy. Hogyan is maradhatna meg a leves vagy sült

a lábos fenekén, ha súlytalan? Megfürödni? Hogyan lehet ott tartani a súlytalan vizet, ahol szükség van rá?

De a járás sem lesz könnyű dolog — éppen azért, mert túl könnyű lesz. Ha az ember itt úgy lépne, mint a Földön, igen hevesen a rakéta falához, vagy mennyezethez vágódna. Hiszen annyi erővel, amennyivel lábát emelgeti, egy aggastyán sok emeletes házat is átugorhat. De — hangsúlyozzák az asztronauták — meg lehet tanulni az űrrakétában vagy a mesterséges bolygón „kötelező” étkezési, közlekedési és egyéb szabályokat.

További néhány kérdés.

Hogyan védhető meg a rakéta, illetve a mesterséges hold a napsugarak és a meteoritok pusztító hatásaitól? Hogyan térnek vissza utasaik, illetve lakóik az űrből a Földre? Elsősorban milyen tudomány várhatja újabb nagy fellendülését a mesterséges hold létesítésétől és a bolygóközi közlekedés megvalósításától?

LÉGKONDITIONÁLÁS A MESTERSÉGES HOLDON

Nyilvánvaló, hogy a mesterséges égitest belső terét légmentesen kell elzárni a légmentes külvilágtól, mert lakói számára megszokott légköri körülményeket: megfelelő összetételű, hőfokú, nedvességű és nyomású levegőt kell biztosítani. Ez úgynevezett légkondicionáló vagy klímaberendezésekkel történik. Ilyen mesterséges légköri viszonyok azonban csak úgy tarthatók fenn a bolygó lakóterében, ha tökéletesen elzárjuk a légmentes külvilágtól, amely tehát nyomásmentes is. Különben a legkisebb rés is elegendő lenne ahhoz, hogy a lakótér levegője „megszökjék” rajta keresztül.

A klímaberendezésnek azonban nemcsak arról kell gondoskodnia a mesterséges égitest belsejében, hogy állandó megfelelő összetételű, mennyiségű, hőfokú, nedvességű levegőt termeljen. A kilélegzett és a felgyülemlett mérgező hatású széndioxid elnyeletése is feladata.

Mivel viszonylagosan kis tömege miatt a mesterséges égitestnek nincs nehézségi ereje, a meleg levegő nem száll el és a hideg levegő nem süllyed el benne. Így például a meggyújtott gyertyát égéstermékei azonnal eloltanak, mert ne-

hézségi erő hiányában súlytalanok lévén, nem szállnak fel és nem esnének le, s így a lángot hamar elzárnák az égést tápláló oxigéntől. Ugyanígy az emberi testet is izzasztó és mérgező felhőbe burkolná a kilélegzett és kipárologtatott széndioxid és vízgőz. A bolygóközi légkondicionálásnak tehát ezeket a „kényelmetlenségeket” is ki kell küszöbölnie.

Az űrnek nincs hőmérséklete, vagyis abszolút hideg (-273°), de a benne mozgó anyagok már elnyelik a Nap sugarait. Az asztronauták kiszámították, hogy a mesterséges bolygó több száz fokra is felhevülhet. Tehát gondoskodni kell a napsugarak visszaveréséről.

Egyesek azt javasolják, hogy a bolygó felületét vonják be magnéziumoxiddal. Mások amellet kardoskodnak, hogy a bolygó tükörsimára csiszolt felülete jobb megoldás a napsugarak visszaverésére. Amíg ezt a kérdést — a bolygóközi klímaberendezés különleges feladataival együtt — tökéletesen meg nem oldják, addig szó sem lehet mesterséges hold létesítéséről.

ÚJ VESZEDELMEK

De még a napsugaraknál is nagyobb veszélyt jelentenek a meteoritek. Naponként milliószámra hatolnak be a Föld légkörébe is, bár kevés kivétellel már a legfelső légrétegekben elégnék, mert általában nem nagyobbak a porszemnél vagy kisebb kavicsnál. Terjedelmesebb példányaik is csak nagyritkán érnek földet. Annál veszélyesebbek a mesterséges bolygóra, mert igen nagy sebességgel — másodpercenként akár 40 kilométeres sebességgel is — száguldanak, s egy borsónagyságú meteorit a métervastag páncéllemezt is úgy ütné át, mint a vaját.

De mire való a „meteor-lökhárító?” — mondják az asztronauták és úgy tervezik, hogy a műbolygó külső felületéről néhány centiméter távolságra egy másik acélburkot létesítenek. Ha gombostűfejnyi meteorit csapódik e külső burokhoz, szétrobban rajta és elgőzölög. Egy-két évszázadig jól kitart a lökhárító burok, mert havonként átlagosan csak két mákszemnyi meteorit csap bele.

Csakhogy nagyobb meteoritek is vannak. Tyúktojás

nagyságú darabok is érhetik olykor a mesterséges holdat. Ez ellen pedig mai tudásunk alapján még az asztronauták szerint sem képzelhető el lökhárító. Ha ilyen meteorit ütné át az acélbolygó testét, légkondicionált lakóteréből úgy süvítene ki a levegő, mint a kilyukadó gumiabroncsból. Legfeljebb 15 másodperc állna a bolygóközi technikusok rendelkezésére, arra, hogy a rést behegesszék és így elkerüljék a biztos pusztulást.

De a meteoriteken kívül ott vannak még a Nap ibolyántúli és röntgensugara is, valamint a kozmikus sugarak, amelyeknek bizonyos magasságon túl kifejtett hatásáról még keveset tudunk. Egyéb, még ismeretlen sugarakkal és anyagi részecskékkal is számolnunk kell, mert a légkör feltehetően útjukat állja, vagy gyengíti hatásukat. Így még nem állhatott módunkban természetük felderítése.

A perzselő hatású ibolyántúli sugarakról ugyan tudjuk, hogy különleges üvegek védelmet nyújtanak ellenük, de az óriási energiájú kozmikus sugarakról való ismereteknek még nagyon is a kezdetén vagyunk. Lágy röntgensugarakat is fölfedeztek a Nap sugárözönében, de éppen ez teszi valószínűvé azt, hogy a napsugárzás kemény röntgensugarakat is bocsát ki magából, ezeknek áthatoló képessége pedig igen nagy. Ha csakugyan tartalmaz a Nap sugárzása ilyen kemény sugarakat, nemcsak a műbolygó külső szerelésén dolgozó technikusok öltözékét, hanem magát a bolygót is ólomlemezekkel kell burkolni.

Előbb-utóbb a legkeményebb bolygóközi technikust és tudóst is elfogja a honvágy. Hogyan térhet vissza az „új holdról” a régi Földre? Ez is nagy probléma az asztronauták tervezgetéseiben. Ezzel kapcsolatban számítások alapján megállapították, hogy még a csibetoll is elhamvadna a felgyorsulás folytán támadt súrlódástól, ha 2000 kilométer magasságból ejtenék le. Elégése már a Földtől 80 km magasságban bekövetkezne, pedig itt a levegő még igen ritka.

Milyen hatalmas súrlódási hő támadna a Föld felé rohanó rakéta felületén, de különösen szárnyas részein! Ezért feltétlenül nagymértékben csökkenteni kell a „hazatérő” rakéta sebességét. Erre van is mód — úgy, hogy a rakéta ugyanolyan irányban lökne ki magából gázsugarat, mint amilyen irányban akkor teszi, amikor elhagyja a Földet. Így

a gáz sugar a Föld nehézségi erejével ellenkező irányban fékezőleg hat és megfelelő adagolásával elérhető olyan sebesség, amely a rakétának siklósszerű esést biztosítana. Csak-hogy a gáz sugaras fékezés nagy tüzelőanyagfogyasztással jár, és így a rakétának visszatérésében is sok üzemanyaggal kell indulnia bolygóközi támaszpontjáról.

HAZATÉRÉS SIKLÓREPÜLÉSEL

Az űrből visszatérő rakéta vagy űrhajó leszállására több más olyan terv is megvitatásra került, amely elméleti szempontból nem eshet kifogás alá. Főként annak a „megoldásnak” van sok híve, amely a Föld légkörébe érkező rakétát siklórepüléssel véli biztos révbe juttatni. Ennek megfelelően a rakétát állítható vezetősárnyakkal kívánják ellátni.

A lesiklás egy 22—25 000 kilométer hosszú, folytonosan szűkülő elliptikus pályán menne végbe. De még ilyen hosszú lesiklopályán is olyan nagy lenne a rakéta sebessége a földreérés pillanatában, hogy több száz méter magasról ledobott repülőbomba sebességével fúródna a földbe. Ezért a rakétát úgy akarják irányítani, hogy tengeren vagy mély tó felszínén érjen „földet”. Ez esetben is szükség lesz a fényképezőgép redőnyzárjához hasonlóan működő, acéllemezekből készült ejtőernyőre, amely a föld felett néhány ezer méter magasságban önműködően kinyílna és ezzel ugyancsak hozzájárul a leszállási sebesség csökkentéséhez.

A rakéta vízbe csapódása után külön berendezés gondoskodik arról, hogy a rakéta nehéz teste ne merüljön el és a víz színére emelkedve, önműködő rádió- és fényjelzésekkel is hírt adjon megérkezéséről és hollétéről.

A leszállási sebességnek még ilyen többféle módon biztosított csökkentése sem elegendő ahhoz, hogy a rakéta fémteste a nagy súrlódás következtében erősen fel ne hevüljön. De már vannak olyan ötvözetek, amelyek a rakétába épített klímaberendezés összpontosított hűtőhatása segítségével az utasok veszélyeztetése nélkül kiállják a keletkező magas hőmérsékletet.

Az űrhajók és rakéták tervezőinek tehát rendkívül nehéz feladatokat kell megoldaniuk, s ki tudja még milyen, ez ideig ismeretlen fizikai és élettani jelenségekkel találják ma-

gukat szemközt! De bármily nagyok is a nehézségek, a megismerésre szomjúhozó ember bátran tör célja felé: a Földön kívüli térségek tapasztalati megismerésére és meghódítására

SZABAD KILÁTÁS A VILÁGŰRBE

Milyen tudományágak remélhetik joggal-okkal, hogy az űrhajózás megvalósulása és mesterséges bolygók létesítése új korszakot nyit történetünkben? Elsősorban a csillagászat az, amely sok új, közvetlenebbül megfigyelhető fölfedezésre számíthat. Éppen így olyan csillagászati feltevések igazolását, módosítását és cáfolatát is várhatjuk, amelyekhez a tudósok műszeres észlelések hiányában, következtetések alapján jutottak.

A távcsöves megfigyelést ugyanis nagymértékben megnehezíti a Föld légköre, amely fényelnyelési, fénytörési és egyéb ismert és ismeretlen jelenségeivel még a legderültebb időben sem biztosít tökéletes kilátást.

Mennyivel tisztább, pontosabb és sokrétűbb észlelésekre adhat alkalmat a bolygóközi űr, ahol semmilyen gáz-nemű anyag sem homályosítja és torzíthatja el a távcső előtt az égitestek fényeit! Ez a lehetőség annál nagyobb súllyal esik latba, mivel tudjuk, hogy csillagászati ismereteink túlnyomó részéhez — közvetve vagy közvetlenül — az égitestek fénye alapján jutottunk hozzá.

Újabban a csillagokból kisugárzó egyéb elektromágneses hullámok (rádióhullámok, röntgensugarak stb.) is fontos felvilágosításokkal szolgálnak. A csillagászati mérések céljából kibocsátott rádióhullámok ugyancsak értékes kutatási módszernek bizonyulnak. De minden jel arra vall, hogy a bolygóközi, légmentes térségekben ezek az elektromágneses hullámok is hatásosabban állíthatók a kutatás szolgálatába, mert bebizonyosodott, hogy a légkör bizonyos rétegei visszaverik, vagy legalább is befolyásolják terjedésükben és természetükben ezeket a hullámokat. Ez a világűr még meg nem határozott tájairól származó kozmikus sugarakra is áll.

Ezért már a felső légrétegekbe kilőtt rakétákat is felszerelték a hullámok és sugarak észlelésére alkalmas ön-működő műszerekkel, amelyek útjuk közben rádiójelek for-

májában közlik méréseik eredményeit, vagy ejtőernyőn térnek vissza a Földre és a hozzájuk kapcsolt íróberendezések feljegyzései számolnak be méréseikről.

Ily szempontból hasonlíthatatlanul több és nagyobb eredményeket ígérnek a bolygóközi térségbe jutott rakéták, űrhajók és mesterséges bolygók, hiszen ott nincsenek észlelést zavaró légköri jelenségek.

Főként a mesterséges égitesteken létesítendő csillagvizsgáló és sugárzáskutató intézetek, laboratóriumok munkájától várhatók beláthatatlan jelentőségű eredmények. A tudósok ugyanis egyszerre vizsgálhatják zavartalanabb észlelési körülmények között az égitestek és a parányok szorosan összefüggő és végső soron azonos természeti törvényeit. E felismerések alapján az emberiség rohamosan gyorsuló ütemben hajthatja uralma alá és alakíthatja át egyetemes céljainak megfelelően a természetet.

Ilyen tervek és elgondolások, valamint igazolt és zömükben még igazolásra váró megállapítások alapján készül a tudomány és a technika a világűr ostromára és meghódítására. De nézzük most részletesebben is a lehetőségeket és a megvalósításukra irányuló kísérleteket.

AZ ŰRHAJÓZÁS TUDOMÁNYOS ÚTTÖRŐI

A rakéta- és atomtechnika kétévtizedes kápráztató fejlődése után a legkiválóbb tudósok egész sora századunk leglenyűgözőbb lehetőségei között tartja nyilván az égitestek közötti közlekedés megvalósítását. Elég, ha itt csak a külföldre származott *Kármán Tódor*, a légáramlástan, az aerodinamika tudományának egyik legkiemelkedőbb művelője, az ugyancsak légáramlástani, repülés- és rakétatechnikai kérdésekkel foglalkozó *Gaetano Crocco* olasz tudós, *Joliot-Curie*, a nagy francia atomfizikus és *Nyeszmejanov*, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának elnöke nevét említjük.

Abban is egyetértenek azonban az űrhajózás, az asztro-nautika kibontakozó jövőjének fáklyavivői, hogy csak akkor kerülhet sor a „nagy ugrásra”, ha előbb kellő fényt vetünk az 1000 kilométer magasságot meghaladó légkörünk sok új felismerést ígérő fizikai körülményeire. Az asztro-

nautika elméleti úttörői már a századforduló táján számot vetettek azokkal a kínos meglepetésekkel, amelyekben a világűr meghódítására induló első űrhajóknak részük lesz és részük lehet.

Oberth erdélyi származású és *Goddard* amerikai rakétakutató tudós, az űrhajózás e két nagy úttörője több más fontos megoldás gondolatát is felvetette az utasok kényelmének és cselekvőképességének minél nagyobb biztosítására. Hiszen, amikor a rakéta kikerül a Föld vonzási köréből, vagy maga is keringő égitestté, holddá vagy bolygóvá alakul át, a súly megszűnik súly lenni és éppígy a „fenn” és „lenn” fogalma is elveszti értelmét.

Az űrhajózási kérdések tudományos feszegetői tehát már korán számoltak azokkal a nehézségekkel, amelyek az elméleti megfontolásokból adódó magaslégköri és még távolabbi, bolygóközi jelenségekből folynak és a rakéta utasait erős próbára tennék. Csakhogy mindmáig is kevés adat áll rendelkezésünkre a magaslégkör fizikai viszonyairól, s még kevésbé ismerjük azokat a térségeket, amelyeknek alsó határát kereken 1000 kilométer magasságtól számíthatjuk. Elsősorban tehát a Földet övező légrétegek és a hozzájuk csatlakozó közelebbi térségek fizikai viszonyait kell megismernünk.

Az időjárás kutatásnak csak néhány évtizede áll módjában a magasabb légköri rétegek jelenségeiről ismereteket gyűjteni. Magas hegycsúcsokon és léggömbös felszállások alkalmával végzett észlelések már a múlt század derekán bizonyossá tették, hogy annál összefüggőbb magyarázatát kaphatjuk az időjárás bonyolult jelenségeinek, minél magasabb légrétegekből és e rétegeken belül is minél több szintmagasságból szerzünk sok mérési adatot az időjárási elemekről. Ezek: a levegő hőmérséklete, nyomása, nedvessége, elektromos állapota, mozgási iránya és sebessége, a felhőzet nagysága és alakja, a napsütés tartama és erőssége.

FELFEDEZZÜK A SZTRATOSZFÉRÁT

Mintegy fél évszázada annak, hogy az időjárás kutatás a léggömbszondában olyan eszközt talált, amely már 15—20 kilométer magasságból is adatokat hozott. (Szondán eredetileg csőalakú orvosi kutatóeszközt értünk.) Léggömbre olyan

meteorológiai műszereket akasztottak, amelyek önműködően jegyzik fel mérési adataikat.

Ha e műszeres léggömbök nagyritkán 30 kilométer magasságig is felhatoltak, zömük általában 15—20 kilométer magasságban pattant szét. A műszerek — koromrétegre feljegyzett adatokkal együtt — önműködően kiínyító ejtőernyő segítségével értek újra Földet. Kevés kivétellel előbb-utóbb megkerültek, de az időjárás kutatás legtöbbször nem sok hasznát vette a feljegyzett adatoknak, mert ezeknek csak akkor van értékük, ha egy-két órán belül jutnak a meteorológusok kezébe. Gyakran csak hetek múlva kerültek elő, sokszor azért ily későn, mert a nagyobb magasságokban dúló viharos szelek nem egyszer 100 kilométernél is messzebb sodorták e léggömbszondákat. Ha e hátrányaik miatt nem is tudták beváltani a hozzájuk fűzött nagy reményeket, de történelmi jelentőségük, hogy segítségükkel fedezték fel a sztratoszférát, légkörünknek azt az eddig ismeretlen rétegét, amely 12 kilométer magasságban kezdődik.

Közben 1910. és 1935. között a léggömbös utasfelszállások is sok adattal gyarapították a felsőbb légköri rétegekről szerzett ismereteinket. Ezek a felszállások azonban első sorban a kozmikus sugarak tanulmányozásának szóltak. Vajon honnan származik az a titokzatos sugárzás, amely tavak és bányák mélyén éppúgy kimutatható, mint több ezer méter magasságban? — ez volt a kérdés.

Hess és Kolhörster fizikusok 1913-ban 9000 méter magasságig emelkedtek léggömbjükkel, és megállapították, hogy itt a sugárzás kétszer olyan erős, mint a tenger szintjén. Kézenfekvő volt tehát a feltevés, hogy ez a sugárzás nem a földből származik, mint kezdetben vélték, hanem a világegyetem térségeiből, a kozmoszból ered. *Piccard* svájci fizikus 1931-ben 15 730 méteres felszállásával már a sztratoszférában járt, négy évvel később pedig három amerikai tudós „*Explorer II*” nevű léggömbjükkel 22 066 méter magasságig emelkedtek. Ezek a felszállások nemcsak a kozmikus sugárzás sok tulajdonságára, hanem a sztratoszféra sajátos légköri jelenségeire is fényt vetettek.

A repülés gyorsütemű fejlődése ugyancsak jelentős mértékben hozzájárult a légköri jelenségek közvetlen, személyes megfigyeléséhez. A harmincas évek derekáig azonban job-

bára a sztratoszféra alatti légrétegekre, a troposzférára szorítkozott a repülőgépes észlelés, bár az első repülőgép már 1923-ban 10 kilométer fölé emelkedett. Ma már viszont — amikor egyes gázsugarhajtású gépek a 20 kilométeres magasságot is túlszárnyalták — olyan kutató repülőgépek is akadnak, amelyek egész napon át a sztratoszférában cirkálhatnak, de inkább csak az alján: úgy 10—15 kilométer magasságban.

RÁDIÓN TÁRSALGÓ MŰSZEREK

Igazán nagy lendületet egy igénytelen és olcsó „üzemi” eszköz, a rádiószonda megszerkesztésével kapott a közvetlen méréseken alapuló sztratoszférakutatás. Ezt a lényegében léggömbszondához hasonló berendezést *Molcsanov* szovjet meteorológus 1928-ban találta fel, s mint az eszköz neve is jelzi: a rádiónak fontos szerepe van benne. Röviden arról van szó, hogy a léggömbbel felbocsátott és parányi rádióadó-készülékkel kapcsolt műszerek felszállásuk közben meghatározott jelekkel azonnyomban jelentik mérési eredményeiket.

Minthogy a rádiószondák általában 15—20 kilométer magasságig emelkednek és ejtőernyő segítségével földet érő műszereik többször is felbocsáthatók, üzemük valóban olcsónak tekinthető. Ennek köszönhető, hogy a rádiószonda mindenütt a világon a meteorológiai intézetek egyik legfőbb kutatóeszközüvé vált. Ugyanabban az időpontban bocsátják fel mindenütt naponta legalább egyszer, de sok helyen négyszer is. E tervszerű kutatás eredményeképpen alkothattunk összefüggő képet a sztratoszféra alsó részein uralkodó jelenségekről.

De mi a helyzet feljebb: 30, 50, 100, 200, 800, 1000 kilométer magasságban? Hogyan lehetne e magasságokba is műszereket juttatni, akár úgy, hogy rádión jelentsék, akár úgy, hogy önműködően feljegyezzék mérési eredményeiket? Ez utóbbi esetben természetesen arra is számítva, hogy az ejtőernyő segítségével visszahulló műszerek fellelhetők legyenek.

Milyen más eszköz is jöhetne számításba ilyen magasságok eléréséhez, mint a rakéta?

A magaslégkörkutatásra tervezett különleges kutatóra-

kéták, az úgynevezett rakétaszondák elvileg mind megegyeznek abban, hogy mérőműszereik és a hozzájuk kapcsolt különféle rádióberendezések, valamint áramforrásuk, fényképezőgépeik, légköri minták vételére szolgáló tartályaik és egyéb kutató eszközeik hegyes végükben foglalnak helyet.

A rakétatest közepén találjuk az üzemanyagtartályokat és az adagoló berendezéseket (szivattyú stb.), alsó részét pedig az égési kamra tölti ki. Innen süvítenek ki óriási sebességgel és nyomással lefelé a meggyulladt folyékony üzemanyag égési gázai, hogy a rakétát ellentétes irányba: felfelé vessék.

Végül a rakétatest oldalán elhelyezett antennákról se feledkezzünk meg. Ezek egyrészt az önműködő műszerjelentések kisugárzására, másrészt — a legújabb típusú rakétaszondákban — a földi irányítóállomásról kibocsátott rádiójelek vételére szolgálnak.

Ha figyelembe vesszük elérendő magasságukkal és lehetőleg sértetlenül visszavárt műszersúlyukkal növekvő óriási üzemanyagszükségletüket, nem lepődhetünk meg azon, hogy a kutatórakéták egyike-másika 10 méternél is hosszabb és átmérőjük a 2 métert is meghaladja.

A rakétaszondák egyes új változatait úgy tervezik meg, hogy abban a pillanatban, amikor eléri legnagyobb magasságukat — vagyis megkezdik visszahullásukat —, műszereket tartalmazó orruk önműködően leoldódik a rakéta törzséről, és a fölötte kinyíló különleges ejtőernyő fékezi zuhanását. Ily módon néhány kutatórakéta viszonylag épségben ért földet.

Joggal felvetődik a kérdés: milyen képet alkothatunk a rakétaszondák mérései alapján légkörünk 200—250 kilométer magasságig terjedő rétegeiről? E tekintetben már némi támpontot nyújtanak azok a kutatási eredmények, amelyekkel a rádióhullámokkal eszközölt légkörkutatás szolgált. A Földről kisugárzott rádióhullámok visszaverődési időtartama és módja révén sok értékes felvilágosítást kaptunk a különböző légrétegek magasságáról, vastagságáról és bizonyos fizikai tulajdonságairól.

De milyen lehetőségek kínálóznak a közvetlen méréseken alapuló, „helyszínen végezhető” légkörkutatásra? Több lehetőség közül itt csupán az egyiket ismertetjük, nemcsak rendkívüli érdekessége, hanem közeli realitása miatt is.

Az űrhajózás kérdéseivel foglalkozó tudósok és technikusok néhány éve olyan tervet vettek fontolóra, amelynek megvalósítása — úgy látszik — nem ütközik nagyobb nehézségbe. Ha valóban nyélbeütik, az égitestek közötti közlekedésre irányuló törekvések biztosabb ismeretek alapjára kerülnek.

A mesterséges holdacsckáról van szó. Hogy 1957-ben vagy 1958-ban bocsátják-e fel — még nem tudni biztosan. De annyi bizonyos, hogy az 1957. július 1-én kezdődő és 1958. december 31-én véget érő III. Nemzetközi Geofizikai Évben fellövik. Ezt Amerika és a Szovjetunió részéről még 1955 augusztusában hivatalosan is bejelentették.

A mesterséges holdacsckának és az általa végzendő vizsgálatoknak ugyanis kiemelkedő szerepet szánnak a III. Nemzetközi Geofizikai Évben. E másfél esztendeig tartó kutatóév keretében több mint 50 ország tudósai pontos munkamegosztás és egybehangolt menetrend szerint végzik vizsgálataikat. A kutatásban mintegy 8000 tudós vesz részt, és a vizsgálatokkal kapcsolatos kiadások jóval meghaladják az egy-milliárd dollárt.

A Föld e nagyszabású megvallatásában a tudósoknak nemcsak a Föld egészére vonatkozó csillagászati és geológiai mérésekre lesz gondjuk, hanem a meteorológia, a nehézkedési erő, a földmágnesség, a sarki fény, a felső légköri rétegek, a jégtan és az óceánográfia sok tisztázatlan kérdésének vizsgálatát is programjukra tűzték.

A nagyszabású kutatóhadjárat a technika minden szám-bajöhető eszközével ostromolja az eget és a földet. Hajók, tengeralattjárók, autók, repülőgépek éppúgy hozzátartoznak gépi felszereléséhez, mint bámulatos érzékenységgű műszerek.

A szó legszorosabb értelmében is kiemelkedő szerephez azonban a rakéták és a velük fellőtt mesterséges holdacsckák jutnak. A III. Nemzetközi Geofizikai Év folyamán az előzetes tervek szerint mintegy 100 kutatórakétát lőnek fel olyan

magasságokba, ahová egyéb módon nem tudunk mérőműszereket feljuttatni.

A rakétákkal szerzett, néhány perc alatt észlelt adatok is fontos ismeretekkel gazdagították a tudományt. De mennyivel értékesebb, összefüggőbb mérésekre számíthatunk, ha a mérőműszerek napokig, sőt hetekig tartózkodnak esetleg több száz kilométeres magasságban!

A mesterséges holdacska lehetőséget ad erre.*

ÉGIEKKEL JÁTSZÓ FÖLDI TŰNEMÉNY

Mármost hogyan ér ismét földet ez a földön készült égi tűnemény? Bármilyen ritka is a levegő 300—500 kilométer magasságban, mégis ellenállást fejt ki az óriási sebességgel keringő műszeres gömbbel szemben. Ez a súrlódás aztán mindinkább csökkenti sebességét, s így a sebességcsökkenés következtében, minden fordulat után közelebb kerül a Föld felszínéhez. Végül is a nagy súrlódás hatására izzásba kerül és porrá ég. De olyan megoldásra is van remény, hogy a mesterséges holdacska sértetlenül ér majd földet.

A nyilvánosságra hozott tervek szerint a kis műholdat háromfokozatú rakétával lövik fel. Ez azt jelenti, hogy a rakétának három, egymás fölé szerelt üzemanyagtartálya van. Amikor az alsó tartály kiürül, önműködően lekapcsolódik és visszahull a földre. Ugyanez történik a második és végül a harmadik tartállyal is. A harmadik tartály azonban kiürülése előtt 300—500 km magasságban oly irányú és erejű lökést ad az orrába szerelt holdacskának, amely már nem felfelé repíti, hanem földkörüli keringésre készíti.

Hogyan követhető szemmel óriási sebességű száguldásában a kis mesterséges hold? Erre is gondoltak. Nappal egy utánaakasztott léggömb visszavert fénye mutatná útját a csillagászati távcsövekben. Éjjel egy különleges vegyszer révén önműködő villanásokkal adna „életjelt” magáról. És ha borult az ég? Radarral — rásugárzott és visszaverődő

* Az űrhajózás rohamos fejlődésének nagyszerű korszakában élünk. Szinte minden nap új eredményeket hoz, a szovjet tudomány szinte nap mint nap elkápráztatja a világot. A könyv nyomása közben a Szovjetunióban 1957. október 4-én útjára indították az első mesterséges holdat, november 3-án pedig a másodikat. Az utóbbi több mint fél tonna súlyú és elliptikus pályán kering a Föld körül. Legnagyobb földtávolsága 1700 km.

centiméteres rádióhullámokkal — tennék láthatóvá „tartózkodási-helyét”. Ezért még a hozzákötött léggömböt is olyan gumyszerű táguló anyagból csinálják, amely finom eloszlásban alumíniumport tartalmaz. A radarhullámok ugyanis csak olyan anyagokról verődnek vissza élesen, amelyek jól vezetik az elektromosságot. Több egyéb követelményre is gondoltak a mesterséges holdacska megtervezésénél, s egyik sem támaszt olyan problémákat, amelyeknek megoldása technikai akadályokba ütköznék.

Vannak tervek és számítások, amelyek szerint kedvező körülmények között a mesterséges holdacska hosszú évekig is elköörözgethet felettünk. De ha csak hetekig vagy napokig kering a Föld körül, akkor is olyan mérési adatok birtokába jutunk, hogy az űrhajózásra, az égitestek közötti közlekedésre irányuló tervek biztosabb ismeretek talajára kerülnek és egy szép napon partraszállunk a Holdon ...

MIT ÉREZ A RAKÉTA UTASA?

Most arra a kérdésre próbálunk összefoglaló feleletet adni tudományos vizsgálatok és elméletileg igazolt feltevések alapján, vajon mit érezhet a rakéta utasa, amint óriási gyorsulással a magasba emelkedik, vagy óriási sebességcsökkenéssel céljához közeledik.

Vajon mit érezhet? A kérdésben rejlő bizonytalansággal már jeleztük is, hogy nem lehetnek biztos értesüléseink érzéseiről, mert hiszen embert még nem vittek magukkal rakéták. Akkor meg milyen tudományos vizsgálatokra hivatkozhatunk, amikor érzéseiről mégis képet próbálunk adni? Nézzük, milyen eszközökkel és tervekkel készül az asztronautika — az űrhajózás kérdéseivel foglalkozó tudomány — a bolygóközi közlekedés megnyitására: először mindenesetre arra, hogy előbb csak különféle mérőműszerekkel ellátott rakétákkal, majd utassal is kitörjön a Föld vonzóköréből.

Már utaltunk arra, hogy a legnagyobb probléma a gyorsulás okozta testi-lelki igénybevétel megfelelő csökkentése. A rakétának ugyanis ahhoz, hogy ki tudjon kerülni a Föld vonzóköréből, másodpercenként legalább 11,2 kilométeres sebességgel kell haladnia, vagyis óránként 40 000 kilométeres sebességgel, s ennek elérésére minél előbb fel kell gyorsulnia.

Mindjárt bocsássuk azonban előre, hogy nem a sebesség az, amit az ember egy bizonyos mértéken túl képtelen elviselni. Hiszen a Föld másodpercenként 30 kilométeres sebességgel rohan nap-körüli pályáján, s kinek okoz ez kényelmetlenséget? Repülőgépen sem érezzük a sebességet, feltéve, hogy nem nézünk ki ablakán és sebessége egyenletes.

A gyorsulás az, amire reagálunk, és pedig nemcsak akkor, amikor a sebesség növekszik, hanem akkor is, amikor csökken. Az utóbbi esetben negatív gyorsulásról vagy lassulásról beszélünk.

Rakétáknál azonban — különösen indításuknál és leszállásuknál — sokkal nagyobb a gyorsulás. Az ember hosszabb ideig mintegy két „g”-nek megfelelő gyorsulást visel el. A „g” a szabadon eső test gyorsulása légüres térben, s nehézségi gyorsulásnak nevezzük, mert a Föld nehézségi ereje, vonzereje okozza.

A szabadon eső test mozgása egyenletesen gyorsul, és pedig ennek a képletnek megfelelően:

$$út = 4,905. t. t \text{ (vagyis } 4,905. t^2)$$

A „t” a másodpercekben kifejezett idő. Ezek szerint a szabadon eső test az első másodperc végéig 4,905 métert tesz meg, felfelé kerekítve 5 métert, a második másodperc végéig kereken 20 métert, a harmadik másodperc végéig 45 métert, a negyedik másodperc végéig 80 métert, s így tovább.

De tapasztalatból is tudjuk, hogy a leeső test súlya gyorsulás közben megnövekszik. Gondoljunk csak arra, hogy egy-két pillanatig mennyivel nagyobb súlyt mutat a rugós-mérleg akkor, ha tányérjára nem ráhelyezzük, hanem akár-csak 10 centiméter magasságból is rádobunk például egy darab kenyeret.

Már most a rakétáknál olyan gyorsulásokkal kell számolnunk, amelyek sokszorosai a nehézségi gyorsulás állandójának, a „g”-nek. A „g” pedig — fizikai törvény szerint — kétszerese az egy másodperc alatt befutott útnak (s), vagyis $g = 2 s = 9,81$, kereken 10 méter.

A rakéta utasát többször érik ilyen megpróbáltatások. felszállása közben, mert a rakétákat úgy tervezik, hogy több hatalmas üzemanyagtartályt visznek magukkal. Amikor első



Baro-kamra. Ebben a légmentesen zárt tartályban erősen ritkítani lehet a levegőt. Ezzel a nagy magasságokban uralkodó légköri viszonyokat állítják elő mesterségesen



Anti-g-ruha. A ruha megakadályozza, hogy a centrifugális erő hatására a pilóta testében a vér egy oldalra folyjon

Alacsonyabb légnyomás alá kerülve, a vérben fizikailag kötött gázok felszabadulva, buborékokat képeznek. Ez az ún. buborékbetegség a keszonmunkásoknál és a bűvároknál is felléphet





Az életmentő tok. A nagy magasságban és nagy sebességgel repülő gépet csak ebben a zárt tokban lehet elhagyni, amely a pilótát megvédi a hatalmas terhelőnyomástól, az igen jelentékeny negatív gyorsulástól, az oxigénhiánytól és a sztratoszféra rendkívül alacsony hőmérsékletétől.

A zárt tokot robbanótöltetek vetik ki a bafba jutott repülőgépből.



A tok ejtőernyővel ér
ERŐ

Haesler és Willinger
izomerő-repülőgépe,
amellyel 400 m távolsá-
got tettek meg. A lég-
csavart pedálokkal for-
gatták





Repülőszak légzőkészülék



Korszerű rakéta földi célok löküzésére. Hatósugara 60 km



Német V-2 rakéta, amelyet a háború befejezése után az Egyesült Államokban magasleghőri kísérletekre használtak



Lenyűgöző látványt nyújt a rakéta indítása. A fűvészből hatalmas lángnyelv tör ki

„Emberi centrifuga.” Ez a készülék szolgál annak megállapítására, hogy milyen centrifugális erőt, illetve nehézségi gyorsulást tud az emberi szervezet elviselni





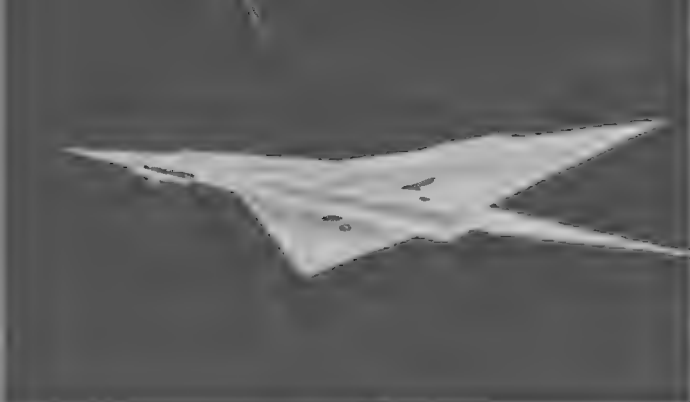
Mesterséges bolygó, amelyet több-
lépesű rakéta visz fel 300—500
km magasságra



Fantasztikus rajz a bolygóközi
át szálló állomásról

Képzeltbeli mesterséges bolygó, amely 1700 km távolságban keringene
a Föld körül



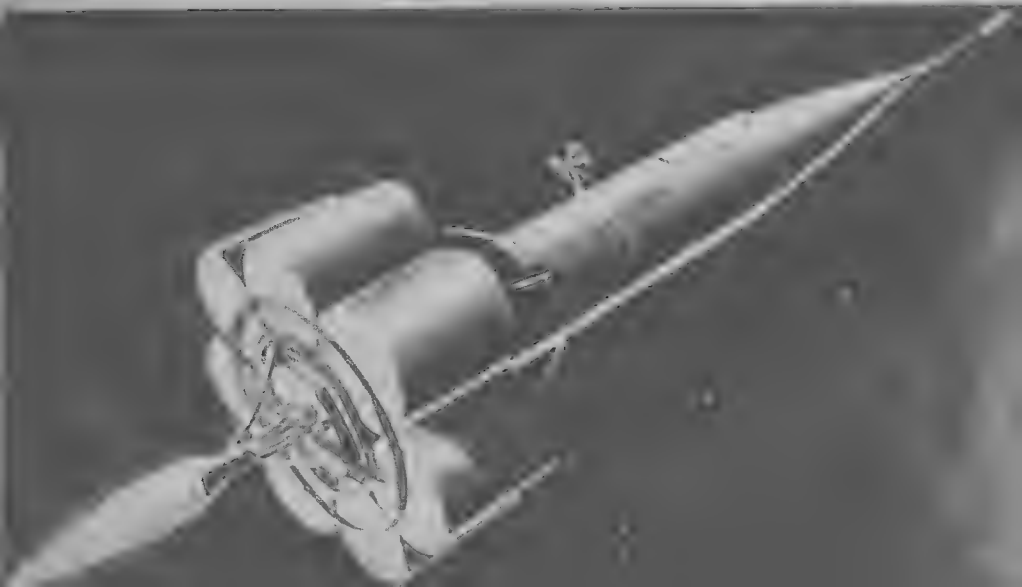


A Hold-rakéta utolsó fokozata szárnyak segítségével siklana a Földre

Az űrhajósok különleges ruházata



A Hold-rakéta modellje



tartályuk kiürült, leoldják magukról és így megkönnyebbülve folytatják útjukat. Ugyanígy szabadulnak meg többi tartályuktól is, s csak annyi üzemanyagot visznek magukkal, amennyi a rakéta visszatéréséhez szükséges.

Az utas megpróbáltatása tehát annyszor ismétlődik meg, ahányszor az üzemanyagadagolás olyan mértéket ölt, hogy a gyorsulás meghaladja a 2 „g”-t. A gyorsulást az üzemanyag adagolásával úgy állíthatják be, hogy egy-egy ilyen „kínvalatás” legfeljebb két percig tartson, mert az egészséges szervezet ezt még eltűri.

Amikor tehát az utas már úgy érzi, hogy ájulás és fuladás kerülgeti, a gyorsulás önműködően és fokozatosan megszűnik és a rakéta már egyenletes sebességgel száguld tovább. Ezt pedig a szervezet már nem érzi, s az utasnak körülbelül 20—30 perc ideje marad arra, hogy a legközelebbi gyorsulásig teljesen magához térjen. Egy-egy tartály ugyanis 20—30 perces útra való üzemanyagot tartalmaz.

Útja közben aztán a rakéta olyan térségbe kerül, ahol már nem érvényesül a Föld vonzóereje és így az utason rendkívül különös érzés vesz erőt: súlytalannak fogja érezni magát és madár módjára fog lebegni fülkéjében.

NEGYVEN „g” A KÖRHINTA GONDOLÁJÁBAN

De nézzük, honnan tudjuk mindezt, hiszen rakétával még nem szállt fel az ember. Az űrhajózás legfőbb élettani körülményeit laboratóriumban is módunkban áll tanulmányozni.

Hogyan állíthatunk elő például 6 „g”-nek megfelelő gyorsulást úgy, hogy az emberre kifejtett hatást vizsgálat alá vehessük? Óriási centrifugával, amely gyermekek szórakoztatására épített körhintához hasonlítható, azzal a különbséggel, hogy falovacskák, vagy hintók helyett légmentesen zárt gondolatot forgat körbe. Ebben helyezkedik el a rakéta kísérleti utasa.

Ezt a hatalmas, dobszerű építményre szerelt emberi centrifugát egyik megoldásban például 4000 lóerős elektromotor hajtja, másodpercenként 48,5 fordulattal. Ha még azt is eláruljuk, hogy a centrifuga karjának hossza kerekén 15 méter, vagyis gondolája ilyen távolságra kering a hajtóten-

gelytől, már sejthetjük is, milyen nagy sebességgel hozható forgásba a gondola. Nem egészen 7 másodperc alatt 280 kilométerre fokozható sebessége, ami 40 „g” gyorsulásnak felel meg. Ilyen gyorsulás szét tépné az emberi szervezet belső részeit. De a centrifugának a rakétaépítéshez használt anyagok vizsgálata is feladata.

A kutatók a gondola utasával állandó telefoni és televíziós összeköttetésben vannak és a fülkébe szerelt különféle műszerek egész serege útján is állandóan szemmel tartják a kísérleti személy állapotát. Nemcsak arcának elváltozásairól és különböző helyzetekben bekövetkező izomreakcióról szereznek így tudomást, hanem egyes belső szervek működéséről is. Ezt a kísérleti utasra kapcsolt vizsgálóeszközök, mint például szívvizsgáló és egyéb készülékek teszik lehetővé. E vizsgálatok együttes eredményeképpen állapították meg, hogy az egészséges szervezet rövid időre 6 „g” gyorsulást tartós károsodás nélkül elvisel.

Fontos megállapításokhoz juttatták a kutatókat azok a vizsgálatok is, amelyeknek „kísérleti nyulai” a centrifuga gondolájában különféle állatok voltak. Ezek a kísérletek mutatták meg, milyen pusztításokat végez a gyorsulás az élő szervezetekben, ha egy bizonyos mértéket meghalad.

Újabb fontos megfigyelésekre adtak alkalmat azok a kísérletek, amelyeknek során a rakétákat már állati utasokkal lötték fel. 300 kilométert meghaladó magasságig jutottak így fel majmok, egerek és egyéb állatok. Magatartásukat fülkékükben egész útjuk alatt film örökítette meg érlökésüket, vérnyomásukat, szívverésüket és egyéb élettani jelenségeiket pedig önműködő készülékek jegyezték fel.

Valamennyi állat látható károsodás nélkül ért újra földet, és velük együtt a fülkéikbe beszerelt filmfelvevőgépek és egyéb készülékek is. Amikor ugyanis a rakéta eléri a legnagyobb magasságát és megkezdí zuhanását visszafelé, kiürült üzemanyagtartálya önműködően leoldódik. Ugyanakkor a tulajdonképpeni rakéta fölött ugyancsak automatikusan kinyílik egy ejtőernyő, amelynek segítségével aztán az értékes kísérleti anyag viszonylag sértetlenül ér földet.

Mit láthatunk a fülke életéről készült filmen? Például azt, hogy a majmok és egerek útjuk közben néhány percre

súlytalan állapotba kerültek és úgy szálltak-úsztak a fülkében, mint a madarak és halak. Amikor a súlytalanság beállt, az egerek egy pillanatig nem jutottak lélegzethez, de azután újból szabályosan szedték a levegőt.

Kérdés azonban, hogy az ember is ilyen hamar magara talál-e a súlytalanság állapotában? Az emberi szervezet belső szerveit a súlytalanság valószínűleg nem gátolná működésükben, mivel feladatuk teljesítésében viszonylag függetlenek a nehézségi erőtől.

HA BEÁLL A SÚLYTALANSÁG...

Annál nagyobb zavarokat támasztana a súlytalanság egyensúlyi érzékünkben. Rendes körülmények között az ember háromféle módon biztosíthatja egyensúlyát: 1. szemével, 2. bőrének, izmainak és belső szerveinek idegeivel, amelyek érzékenyen reagálnak a testhelyezettől függő nyomások változásaira, és 3. a fülben levő egyensúlyérzékszervvel. Ez olyan berendezésnek tekinthető, mint a vízszintes helyzet megállapítására való vízmérték (libella), amelyet a kőművesek is használnak falazásnál. Ha ezek a tájékozódási szervek nem működnek megfelelően, szédülés, émelygés, hányinger, „tengeri betegség” lép fel.

Súlytalan körülmények között tehát csak szemünkkel tájékozódhatnánk és biztosíthatnánk némileg egyensúlyunkat, mert másik két egyensúlyozó szervünk működése a nehézségi erőtől függ. Ily módon a rakéta utasán a legsúlyosabb tengeribetegség által kiváltott érzések vennének erőt, amihez még a „nagy kaland” okozta óriási lelki feszültség és a súlytalanság kényelmetlenségei is hozzájárulnak.

A valóságban tehát távolról sem lenne olyan kellemes érzés a súlytalanság, mint amilyennek sok ember álmában érzi, amikor azt álmodja, hogy csupán izmai erejével repül.

Kibírhatja-e az ember tájékozódóképességének ilyen csökkenése és egyáltalán ennyi testi és lelki megterhelés mellett hosszabb ideig a súlytalanság állapotát? Maradhat-e a pilóta ilyen megpróbáltatások közepette ura a rakétának, amelynek biztos irányításához annyi körütekintésre és éberségre van szükség? Egyelőre még nem tudjuk. De bárhog

álljon is a dolog, máris megvalósítható technikai tervek vannak arra, hogy a rakéta lakóhelyiségeiben egy pillanatra se következhessek be a súlytalanság állapota.

Az egyik megoldás az lenne, hogy a rakétát hosszanti tengelye körül is forgásba hoznák, mint ahogy ez a puskából kilőtt golyóval is történik. Ez esetben a rakéta oldalfala lenne a „lenn”. A rakéta utasai tehát fülkéik oldalfalain járva látnák el dolgukat, s fejük felett, vagyis a rakéta hosszanti tengelyében lenne a „fenn”. E megoldás ellen az szól, hogy a rakéta legalább is egyelőre nem építhető 80—100 méternél szélesebbre, s így az utasok lábára sokkal nagyobb centrifugális erő hatna, mint fejükre. Ez pedig újabb egyensúlyi zavarok forrása lehet.

Biztatóbb javaslatnak látszik az, hogy amikor a rakéta az égitestek közötti térség súlytalan körülményei közé kerül, az orrában elhelyezett utas- és vezetőfülkét kereszt tengelye körül gyors forgásba hozzák. Úgy számítják, hogy ily módon — a laboratóriumi centrifugához hasonlóan — 1 „g”-t hozhatunk létre és így az utas, legalább is ilyen tekintetben, megszokott földi körülmények között érezheti magát.

ÚJABB PROBLÉMÁK

De a gyorsulás és a súlytalanság okozta kényelmetlenségeken és veszélyeken kívül a Nap különféle sugárzásaival és a nagy átütőképességű kozmikus sugarakkal is számot kell vetnünk. Ezek ugyanis az égitestek közötti térségben, de már Földünk magas légköri rétegeiben is sokkal erőteljesebben hatnak, mint a Föld felszínén, s ez az utas jó közérzetének biztosítására ugyancsak fontos óvintézkedéseket tesz szükségessé. E sugarak tényleges és elméleti következtetések alapján feltételezett hatásairól a műszeres rakétákkal és mesterséges holdacskákkal végzett kísérletek és szerzett tapasztalatok hivatottak képet adni.

Itt még összefoglalóan csak annyit, hogy az űrhajózás megvalósításához szükséges tudományos és technikai előfeltételeket már sokkal nagyobb mértékben biztosítottuk, mint akár néhány évtizeddel ezelőtt például a televízió lehetőségét.

A fentiekből kitűnik, hogy a világűrhajózás számos prob-

lémája még megoldásra vár. De gondoljunk csak vissza azokra a mérhetetlen nehézségekre, amelyekkel a repülés megvalósítása járt.



A repülőtechnika fejlődése egyre gyorsabb ütemben halad előre. Ami még nem is olyan régen megcsodált rekordnak számított, ma már megszokott, mindennapi teljesítmény. A 18 év előtt felállított 755 km/ó sebességi rekord világszerte hatalmas feltűnést keltett. A Szovjetunió gázturbinás sugárhajtású forgalmi gépe a Tu—104, 70 utasával ma ennél lényegesen gyorsabban repül. A jelen egyik legnagyobb és leggyorsabb utasszállító gépe, a „Boeing 707“, 162 utassal körülbelül 1000 km/óra utazósebességgel repül. És ezek a gépek még sokkal nagyobb biztonsággal bonyolítják le a forgalmat, mint a húsz év előtt legfeljebb 400 km/óra sebességgel közlekedő utasgépek.

Ma egyes katonai gépek 2—3000 km/ó sebességgel repülnek. Könnyen elképzelhető, hogy a nagy távolságú járatok utasszállítógepei — a polgári légiforgalom legfontosabb követelményének, a biztonság kérdésének elhanyagolása nélkül — egy évtizeden belül elérik majd ugyanezt a sebességet.

A repülés már eddig is megváltoztatta az idő és a tér fogalmát. A jövő repülőgépe még alapvetőbb változásokat ígér. Földünk legtávolibb pontja is egy fél napnál rövidebb idő alatt lesz majd elérhető. Ez azt jelenti, hogy az egymástól sok ezer kilométer távolságban élő népek a szó legszorosabb értelmében szomszédokká válnak. Így sokkal több lehetőség nyílik arra, hogy a Föld népei alaposabban megismerjék egymás kulturális és technikai vívmányait. A szellemi és anyagi javak gyorsabb elosztása világszerte hozzájárulhat az élet-színvonal emelkedéséhez. A népek szorosabb összefonódása pedig nyilvánvalóvá teszi majd a békés egymás mellett élés feltétlen szükségességét.

*A kötet képanyagát a következő könyvek, kiadványok
és folyóiratok felhasználásával állítottuk össze:*

„Aero Digest”, „Aeronautics”, „The Aeroplane”, „Air”, Asboth
Oszkár: „Az első helikopter”, „Asboth-Helicopter Aerodynamical
Laboratory, London—Berlin”, „Atomes”, „Aviation Week”, „Collier's”,
„Discovery”. Dr. L. Dür: „Zeppelin-Luftschiffbau”, „Flight”, „Flug-
sport”, „Flugwelt”, „Geographical Magazine”, „The Illustrated London
News”, „Institut Aerodinamique de Koutchino”, „Interavia”, A. M.
Izakszon: „Gelikopterij” (Centralnij Aerogidrodinamicseszkij Insztitut
GÁGI Moszkva), „Jahrbuch der Luftfahrt und Flugtechnik”, „Jugend
und Technik”, „Jugend und Welt”, Karlson: „Gépmadár”, Franz Koll-
mann: „Das Zeppelin-Luftschiff”, Kridla Vlasti”, M. Lamé: „Le Vol
Verticale”, Lapresle: „La grande soufflerie de Chalais-Meudon”,
„Life”, „Luftwissen”, „Motorschau”, „Münchner Illustrierte”, Na-
tional Aeronautics”, „Nauka i Zsizni”, „Neue Zürcher Zeitung”, „Prof.
Piccards Forschungsflug in der Stratosphäre”, „Plein Ciel”, „Populäre
Mechanik”, „Priroda”, „Repülés”, „Science et Avenir”, „Science News
Letter”, „Scientific American”, „Schweizer Aero-Revue”, „Technische
Rundschau”, „Tyehnyika Mologyozsi”.

TARTALOM

Előszó	— — — — —	5
I. A repülőgépek családfája	— — — — —	7
II. Léggömbök, léghajók: zsákutca a levegőben	— — — — —	20
III. Géprendszer a papírsárkány elvéből	— — — — —	33
IV. Géprepülés a szelek szárnyán	— — — — —	75
V. Hanggáton innen, hanggáton túl	— — — — —	97
VI. Helyből felszállni, kifutás nélkül leszállni — forgószárnyú repülőgépekkel	— — — — —	118
VII. Dugattyúsok, lökősök, rakéták	— — — — —	153
VIII. Új utak a repülésben	— — — — —	192
IX. Mentőöv és sporteszköz a levegőben	— — — — —	199
X. Gyorsabban, magasabbra, messzebb	— — — — —	208
XI. Közlekedés a levegő országútjain	— — — — —	214
XII. Távrepülés a sztratoszférában	— — — — —	229
XIII. A repülés élettani vonatkozásai	— — — — —	239
XIV. Az űrhajózás küszöbén	— — — — —	253

© ASBOTH OSZKÁR, 1957

Felelős kiadó a Zrínyi Honvéd Kiadó parancsnoka

Felelős szerkesztő: Kokas Sándor

Képszerkesztő: Fábri Magda

A borítólap íjj. Asboth Oszkár munkája

Műszaki vezető: Olajos Tibor

Készült az MNOSZ 5601—54 sz. szabvány szerint

Terjedelme 17,5 (A/5) ív + 6 ív képmelléklet

Megjelent 3000 példányban

475—5138/1 — Zrínyi Nyomda, Budapest. Felelős: Bolgár Imre

Ára: 34,— Ft